

Comune di Paratico

Via dell'assunta, 2
25030 Paratico (BS)

Costruzione nuova mensa scolastica in via risorgimento – loc.
Parco Segafieni - 25030 Paratico (BS)
Foglio 6 Mappale 383 (cod. G327)

RELAZIONE GEOLOGICA

D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e N.T.C. 2018 p.to 6.2.1



ecosphera s.r.l. - via Malogno, 2 - 25036 Palazzolo sull'Oglio (BS) - Tel. 030.7402007 - 030.7401749 - Fax
030.7402017 - www.ecosphera.net - [mail:info@ecosphera.net](mailto:info@ecosphera.net)



Ambiente
Qualità
Sicurezza
Energia



Data emissione
Commessa
File

Referente

09/2022

22/2104-05-06

J:\Geotecnica\Prov_BS\PARATICO\2022\via risorgimento mensa
scolastica geom ghirardelli Comune\RelGeo 2022-09
ParaticoMensaScuola.docx

Dott. Geol. Carraro Marco

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. GEOLOGIA	5
2.1. GEOLITOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	5
2.2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	7
2.3. VINCOLI, SINTESI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA	10
3. PERICOLOSITÀ SISMICA	11
3.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	11
3.2. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE	12
3.3. INDAGINE SISMICA SITO-SPECIFICA CONGIUNTA MASW-HVSR.....	13
3.3.1. MASW	13
3.3.2. HVSR	14
3.3.3. Elaborazione indagine sismica.....	15
3.4. APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO RELATIVO AL SITO IN STUDIO – APP5	16
3.5. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE TOPOGRAFICA.....	18
3.6. PARAMETRI SISMICI DI SITO	20
4. MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO	21
4.1. ACQUISIZIONE DATI – APP4	21
4.2. VALORI CARATTERISTICI E DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI	22
4.3. PRESCRIZIONI OPERATIVE.....	23
4.3.1. In corso d’opera	23
4.3.2. lungo termine (post-operam).....	23
4.4. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE.....	24
ALLEGATI	
- N. 4 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	
- REPORT HVSR, MASW E MODELLO GEOFISICO DEL SITO	

1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Paratico (via dell'assunta, 2 - 25030) è stata redatta la presente Relazione Geologica ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e delle N.T.C. 2018 p.to 6.2.1 a supporto del progetto per la costruzione di una nuova mensa scolastica in via risorgimento a Paratico (BS) da realizzare in fregio al parco Segafieni, nel terreno distinto catastalmente al Foglio 6 Mappale 383 (cod. G327, BS).



Figura 1: Ubicazione sito in studio su foto aerea

Il presente studio è stato condotto ai sensi del cap. 6 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 dove si legge che la caratterizzazione e modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio (par. 6.2.1 NTC 2018) e ai sensi della DGR IX/2616 del 30 novembre 2011.

L'analisi degli aspetti geologici del sito in esame è stata condotta utilizzando le informazioni rilevate durante i sopralluoghi effettuati, integrate con le informazioni riportate nello studio geologico comunale redatto a supporto del PGT e con i dati in possesso dello scrivente. In particolare nel sito di intervento sono state eseguite un'indagine sismica congiunta MASW+ HVSr e n. 4 prove penetrometriche dinamiche DPSH.

Trattandosi di indagini di tipo puntuale si premette che il sottoscritto resta disponibile per la verifica all'atto dell'esecuzione degli scavi (con la D.L. e l'impresa esecutrice dei lavori) che le condizioni del sottosuolo descritte nella presente indagine siano proprie di tutta l'area interessata dalla nuova edificazione. Eventuali difformità da quanto riportato nella presente indagine che venissero rilevate in fase di esecuzione lavori, andranno comunicate immediatamente allo scrivente.

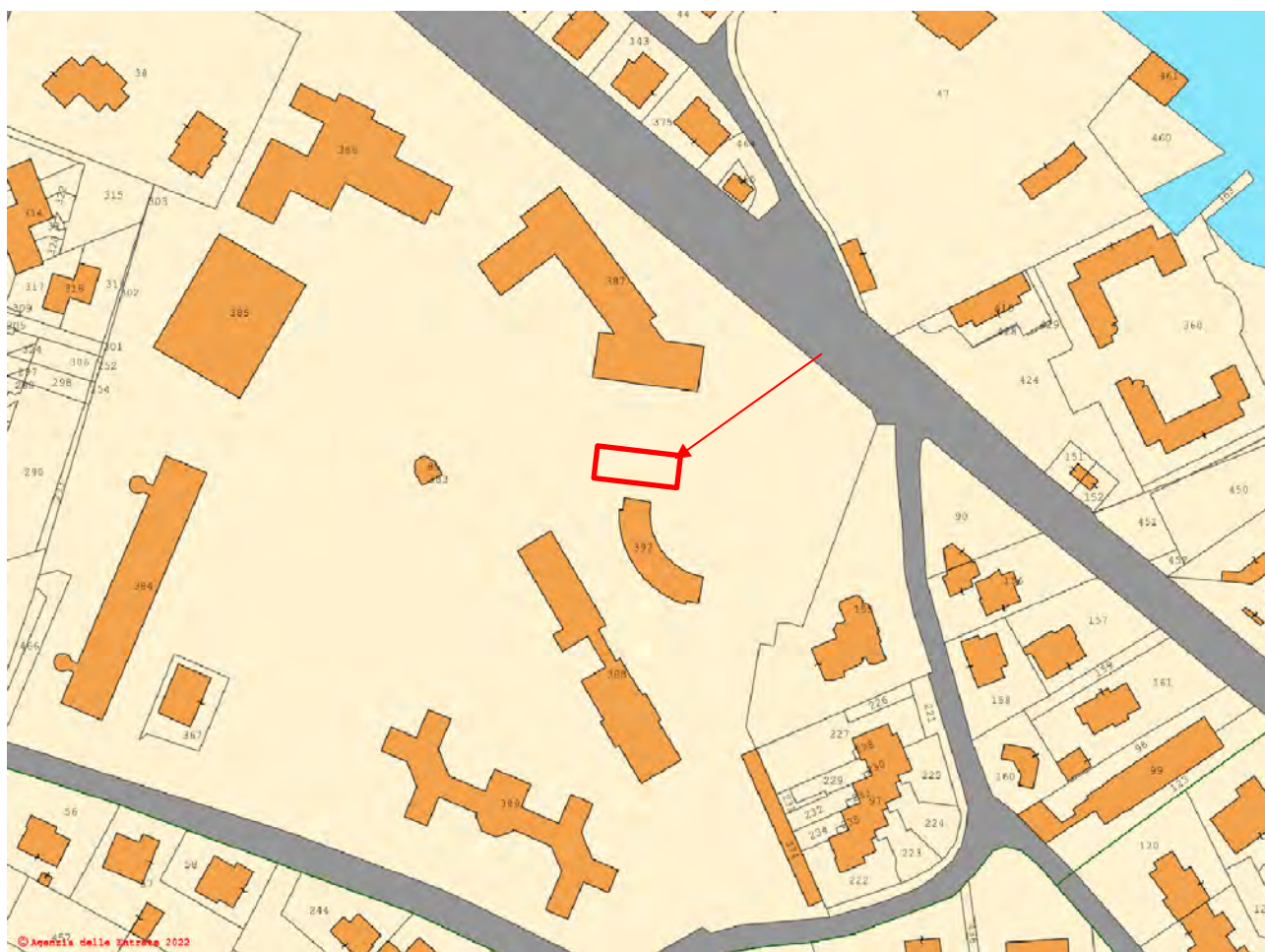


Figura 2: Ubicazione sito in studio su base catastale – WMS Agenzia delle Entrate

2. GEOLOGIA

2.1. GEOLITOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Dall'analisi della Carta geologica e geomorfologica comunale, il sito risulta caratterizzato da depositi fluvioglaciali (limi, limi argillosi con livelli di ghiaia e sabbia) collegati ai depositi morenici, costituiti da ghiaie cementate con livelli di sabbia e conglomerato.

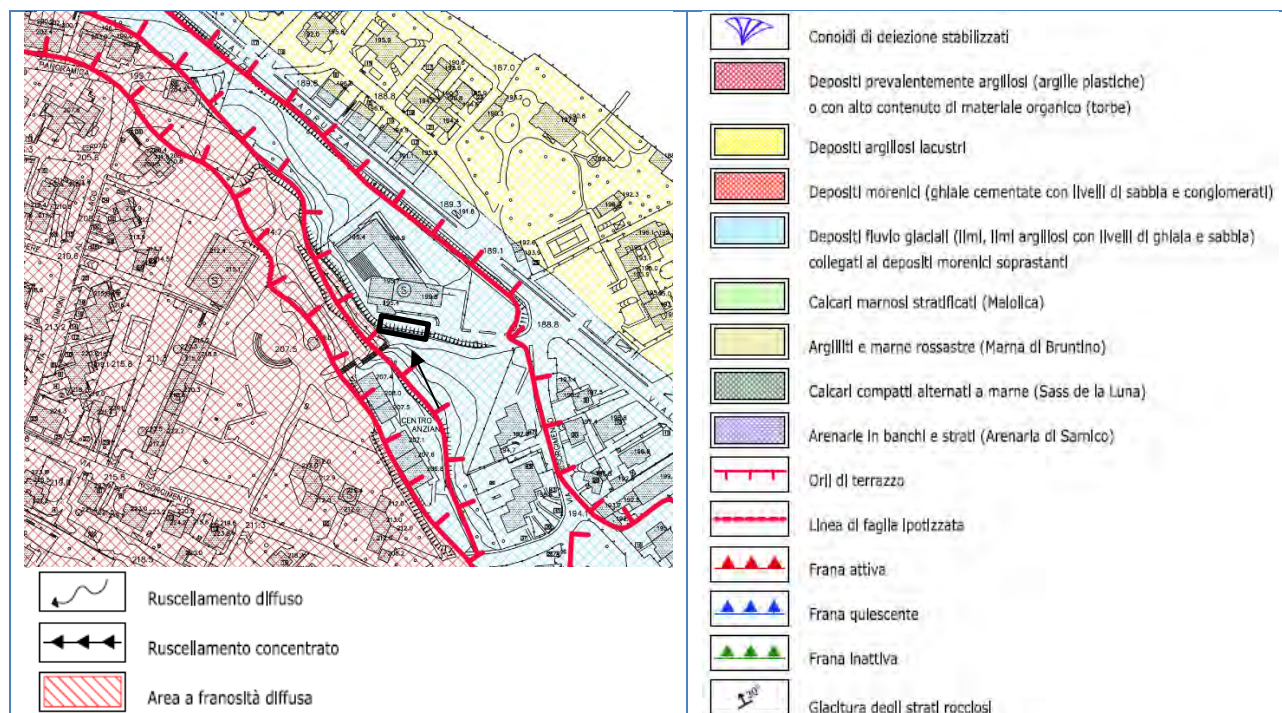


Figura 3: Estratto Carta geologica geomorfologica – Studio geologico comunale

Tali depositi morenici ricoprono un substrato roccioso di natura arenacea (Arenarie di sarnico) che si presentano subaffioranti alcune decine di metri a sud rispetto al sito in oggetto, a sud di via Gorizia (vedi figura 3).

Il sito si colloca nell'unità geoambientale AGO 4 "depositi flucioglaciali", prossimo al limite con l'unità AGO 3 "depositi morenici" ad ovest.

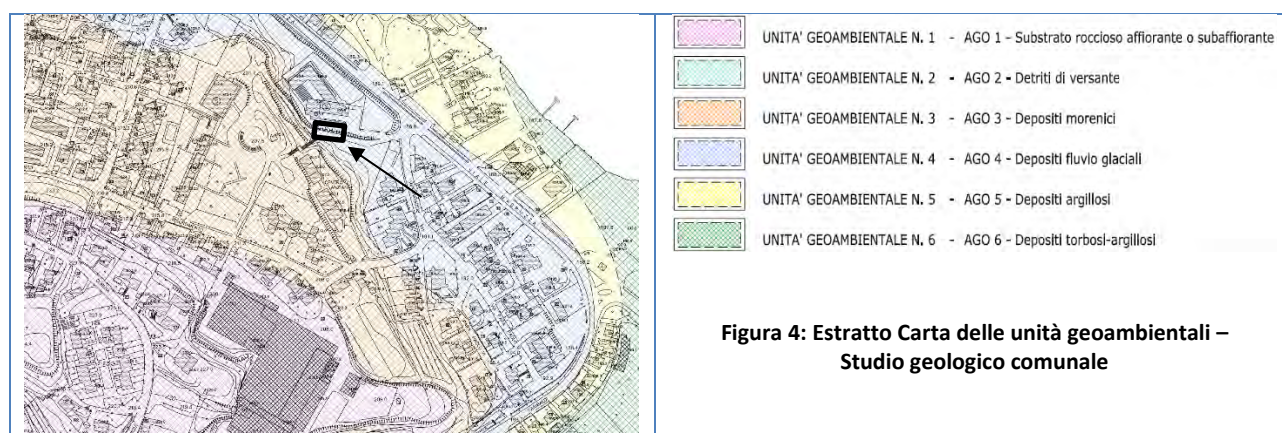


Figura 4: Estratto Carta delle unità geoambientali – Studio geologico comunale

Dall'analisi della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 098 Bergamo (di seguito si riporta un estratto del tematismo della stessa realizzato tramite shapefile forniti dalla Regione Lombardia), il sito risulta

caratterizzato dall'Unità di Timoline (ROY, appartenente al Supersistema di Monterotondo), localmente costituita da till indifferenziato. Si riporta la descrizione di tale unità tratta dalle Note Illustrative della carta:

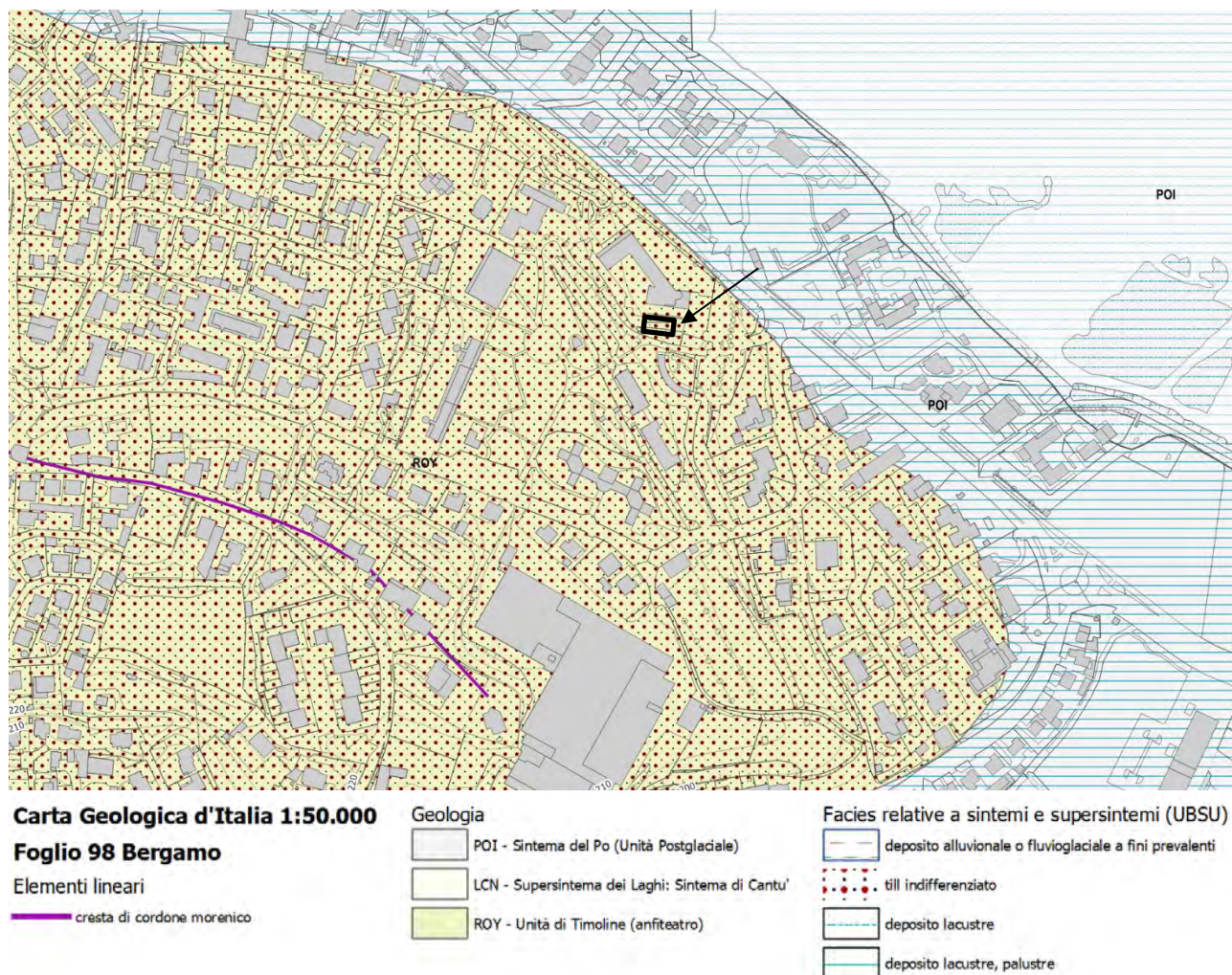


Figura 5: Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (CARG) su DbT – Non in scala – Fonte dati Regione Lombardia

Dal punto di vista geomorfologico l'area si presenta debolmente acclive con andamento SW→NE e pendenza media locale intorno ai 7-10° e quota del piano campagna in corrispondenza del sito pari a 195 m s.l.m.

Non si segnalano dissesti di tipo gravitativo e/o problemi di instabilità dei terreni nell'area oggetto di intervento.

2.2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Per quanto riguarda l'idrografia si riporta l'estratto della Tav01 dello studio del Reticolo Idrico Minore con ubicazione dell'area di intervento; non si riscontrano interferenze fra i corsi d'acqua esistenti e le opere in progetto.



Figura 7: Tematismo PAI su DbT – Fonte dati Geoportale Regione Lombardia

Figura 8: Tematismo PGRA-Pericolosità su DbT – Fonte dati Geoportale Regione Lombardia

Dal punto di vista idrogeologico il sottosuolo di natura morenica di granulometria eterogenea è caratterizzato da una permeabilità bassa.

Sulla base delle caratteristiche geomorfologiche e litologiche locali, si ipotizza la presenza della falda idrica in relazione ed alimentante il lago (185 m s.l.m.), con andamento della stessa S→N e livello idrico intorno ai 10-11 m dal p.c. locale (206 m s.l.m.). si riscontrano infiltrazioni idriche nel non saturo sin da primi metri di profondità dal piano campagna.

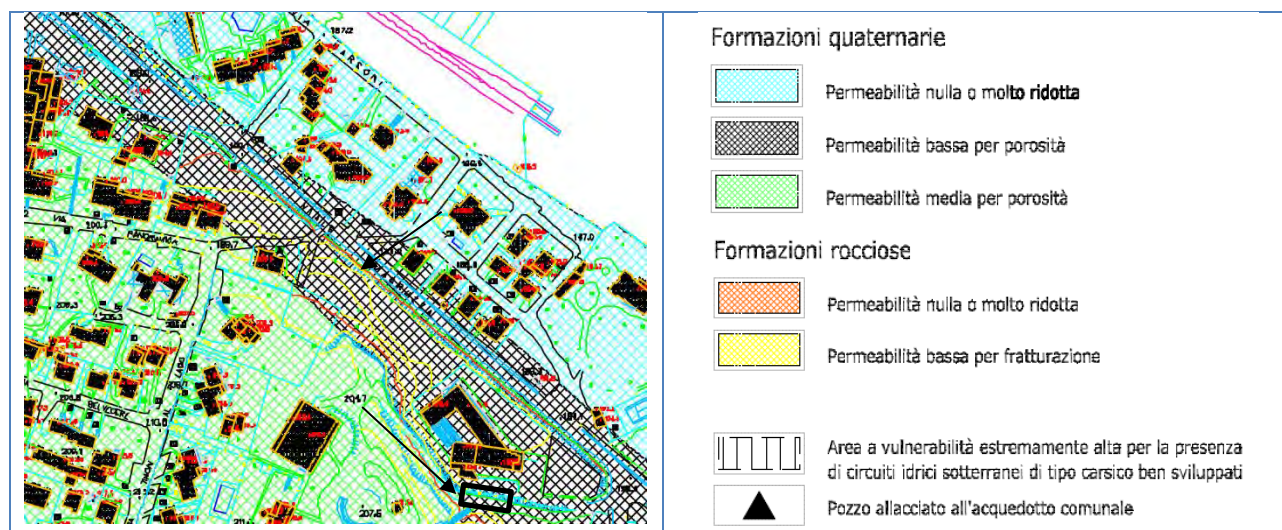


Figura 9: Estratto Carta idrogeologica – Studio geologico comunale



Si riportano le stratigrafie dei due pozzi comunali di Paratico (uso potabile) ubicati in località Tengattini e di due pozzi privati evidenziati in carta.

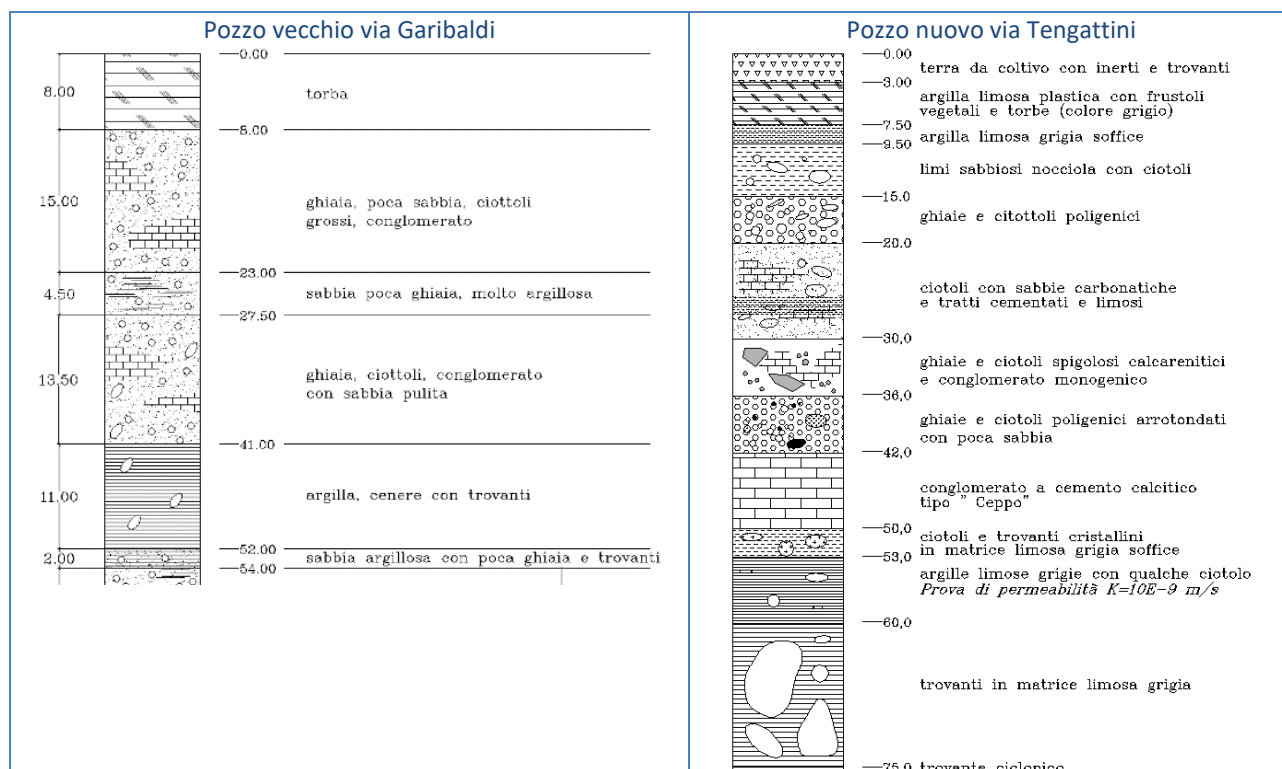


Figura 11: Estratto Stratigrafie dei n. 2 pozzi comunali di Paratico

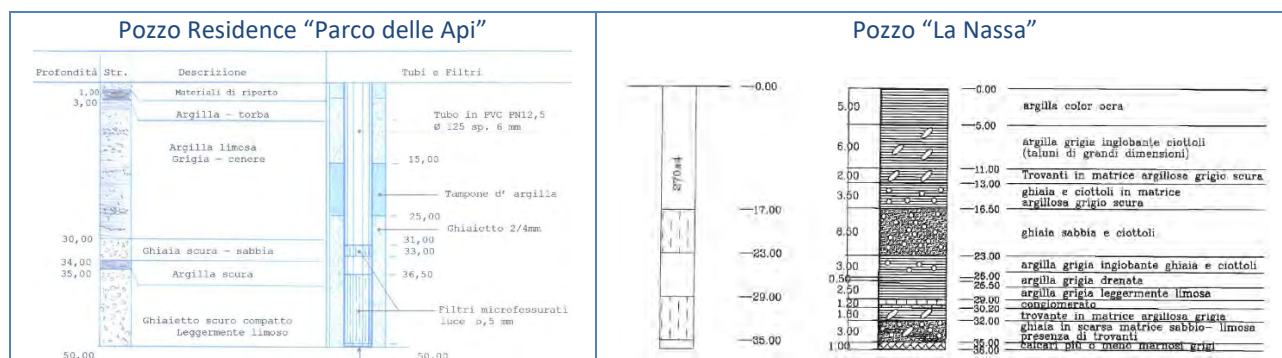


Figura 12: Estratto Stratigrafie pozzi privati

2.3. VINCOLI, SINTESI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Nel presente paragrafo si procede all'analisi dei vincoli di natura geologica ed idrogeologica e della fattibilità dell'area, definiti nello studio geologico comunale redatto a supporto del P.G.T.

Dall'osservazione di tali carte risulta che il sito non è interessato da alcun vincolo.

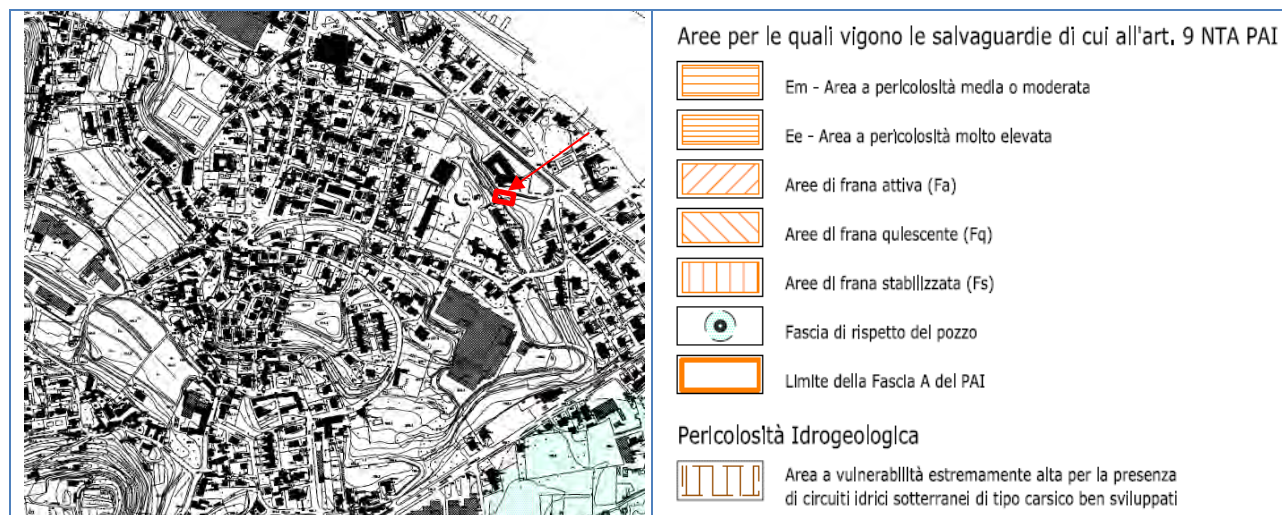


Figura 13: Estratto Carta dei vincoli - Studio geologico comunale

Per quanto riguarda la fattibilità geologica, il sito ricade in classe 1: area senza particolari limitazioni.

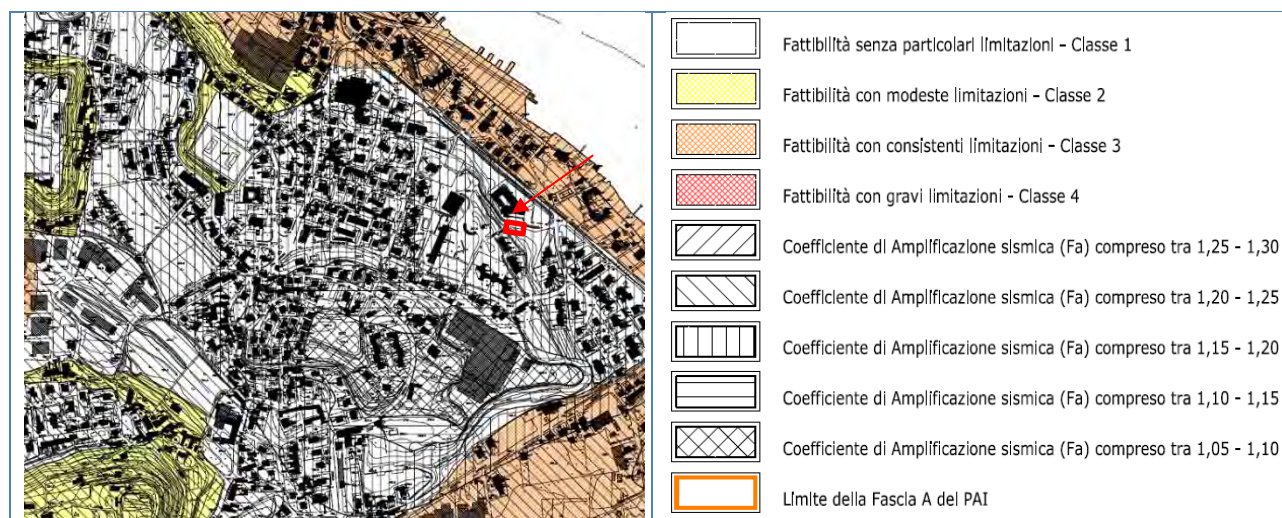


Figura 14: Estratto Carta della fattibilità delle azioni di piano - Studio geologico comunale

Classe 1

La Classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere comunque applicato quanto previsto dal D. M. 14 gennaio 2008 "Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni".
 Deve essere chiaro come risulti necessario provvedere alla stesura propedeutica di una relazione geologica/geotecnica anche per nuove edificazioni o interventi insistenti nell'ambito di questa Classe di fattibilità per i seguenti motivi:

1. l'analisi preventiva dei luoghi, nel dettaglio, può evidenziare problematiche specifiche, legate ad un contesto particolare (per esempio presenza di substrato roccioso poco sotto il piano campagna, locale presenza di strati litoidi con scarse caratteristiche geotecniche, presenza d'acqua di falda,

3. PERICOLOSITÀ SISMICA

3.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In base alla classificazione sismica nazionale associata all'Ordinanza del PCM n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica) il comune di Paratico (BS) è stato classificato in Zona 3 (con sismicità crescente da zona 4 a zona 1). Nella tabella seguente si riportano i valori di accelerazione (a_g) previsti dalla sopra citata ordinanza per tale zona sismica.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Figura 15: Estratto Ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003

Tale classificazione è stata rivista con la DGR n. X/2129 del 11 Luglio 2014 che ha confermato il comune in zona sismica 3 (delibera di riclassificazione, pubblicata sul B.U.R.L. n. 29, S.O., del 16/7/2014). Nella tabella seguente si riportano i valori di accelerazione ($a_{g\max}$) previsti dalla DGR X/2129/2014 per tale zona sismica.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03017134	BS	PARATICO	3	0,135279

Figura 16: Estratto DGR n. X/2129/2014

Si riporta di seguito un estratto della mappa interattiva di pericolosità sismica realizzata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

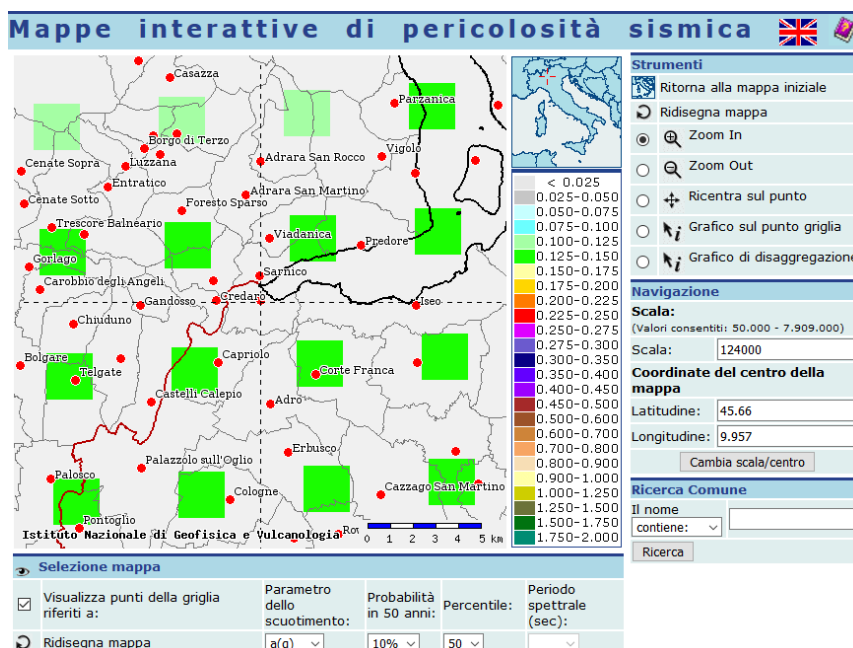


Figura 17: Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica dal sito web INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

3.2. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE

Nella carta della pericolosità sismica l'area in esame è inserita nello scenario Z4c: zona morenica con presenza di terreni granulari.

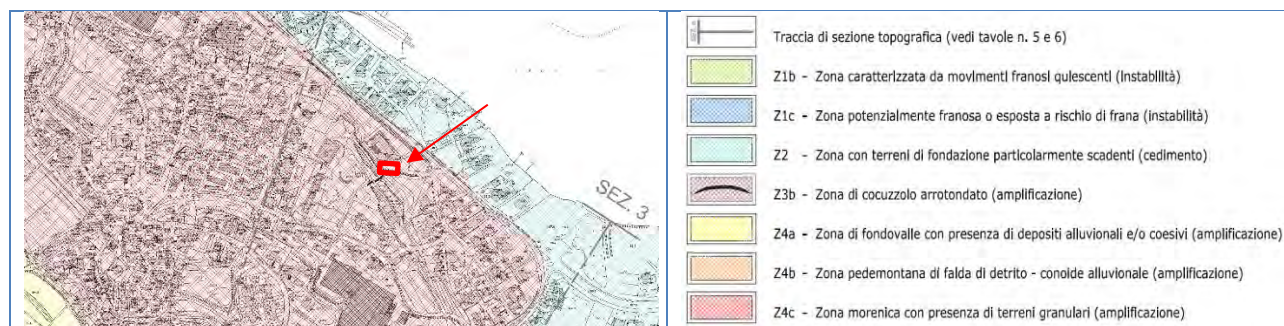


Figura 18: Estratto Tav04 - Carta della Pericolosità Sismica Locale – Studio geologico Comunale

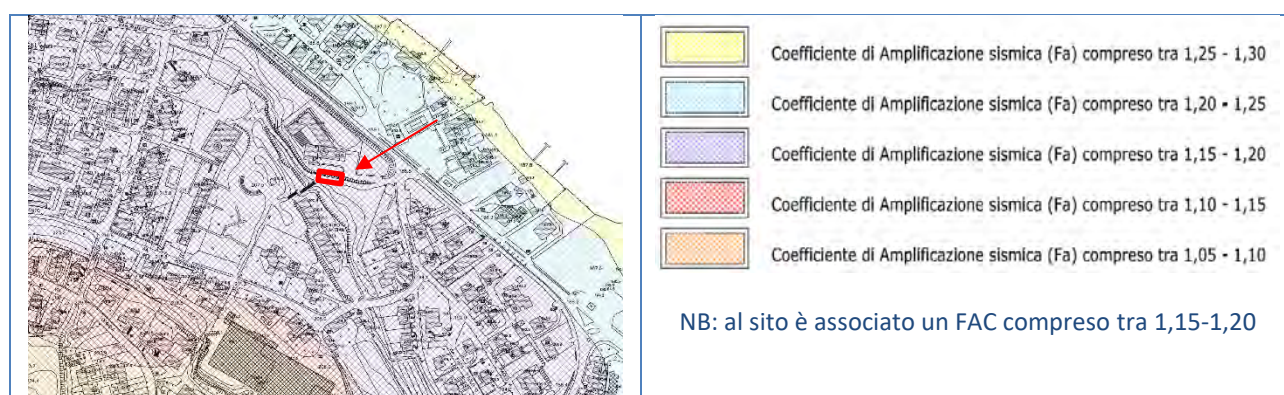


Figura 19: Estratto Tav07 – Carta dei coefficienti sismici – studio geologico comunale vigente

3.3. INDAGINE SISMICA SITO-SPECIFICA CONGIUNTA MASW-HVSR

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito e per la definizione della categoria di sottosuolo da utilizzare a fini progettuali, si è proceduto all'esecuzione di una indagine sismica congiunta comprensiva di:

- n.1 stendimento sismico per acquisizione e analisi con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) in onde di Rayleigh e Love;
- n. 1 indagine sismica superficiale con la misura del rumore sismico ambientale per 20 minuti (metodologia HVSR);
- n. 1 indagine sismica superficiale con la misura del rumore sismico ambientale per 10 minuti (metodologia HVSR).



Figura 20: Foto esecuzione indagine sismica MASW+HVSR e ubicazione prove

3.3.1. MASW

Le caratteristiche dello stendimento sismico per l'acquisizione dei segnali sismici sono espone nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE STENDIMENTO MASW	
Nr. geofoni utilizzati	12
Interasse geofoni (m)	5
Lunghezza stendimento (m)	62
Minimum offset (m)	7
Durata acquisizione (s)	2
Intervallo di campionamento (ms)	1
Nr. Campioni	2000

Tabella 1: Caratteristiche stendimento MASW

3.3.2. HVSr

La tecnica HVSr richiede l'utilizzo di un sismografo a stazione singola in grado di registrare i microtremori (sismica passiva) lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga. Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di curva H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y mentre V è la componente verticale del moto in funzione della frequenza).

L'acquisizione nel sito di indagine è stata fatta con sismografo a tre componenti HOLI-3C da 2 Hz distribuito da Eliosoft, mentre l'elaborazione dei segnali registrati è stata effettuata tramite il software HoliSurface.

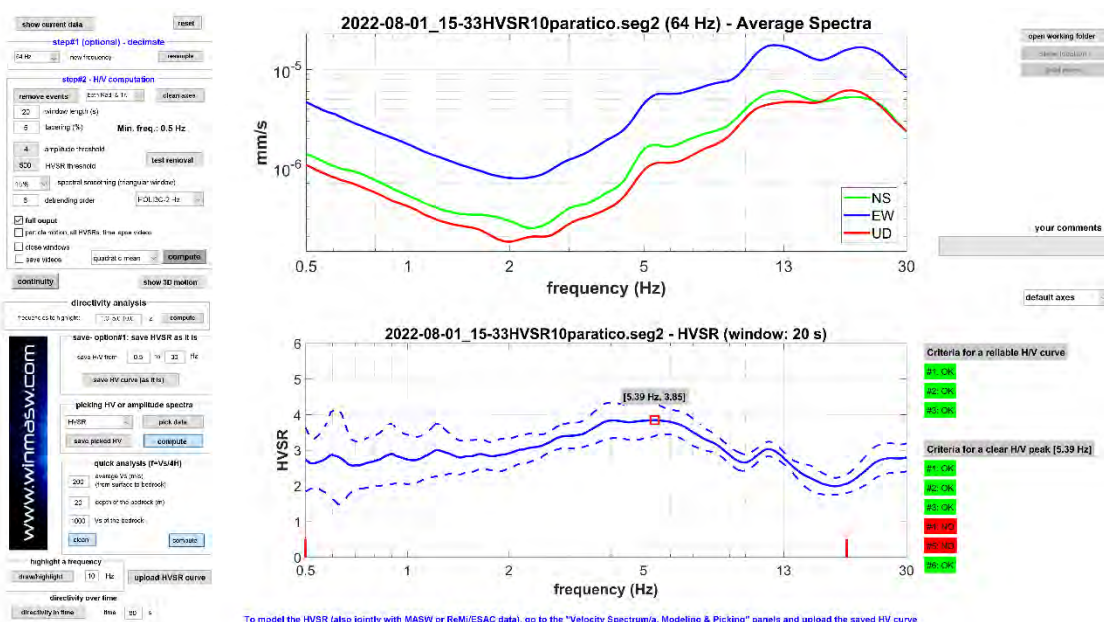


Figura 21: Curva HVSr10 misurata in campagna e controllo criteri SESAME

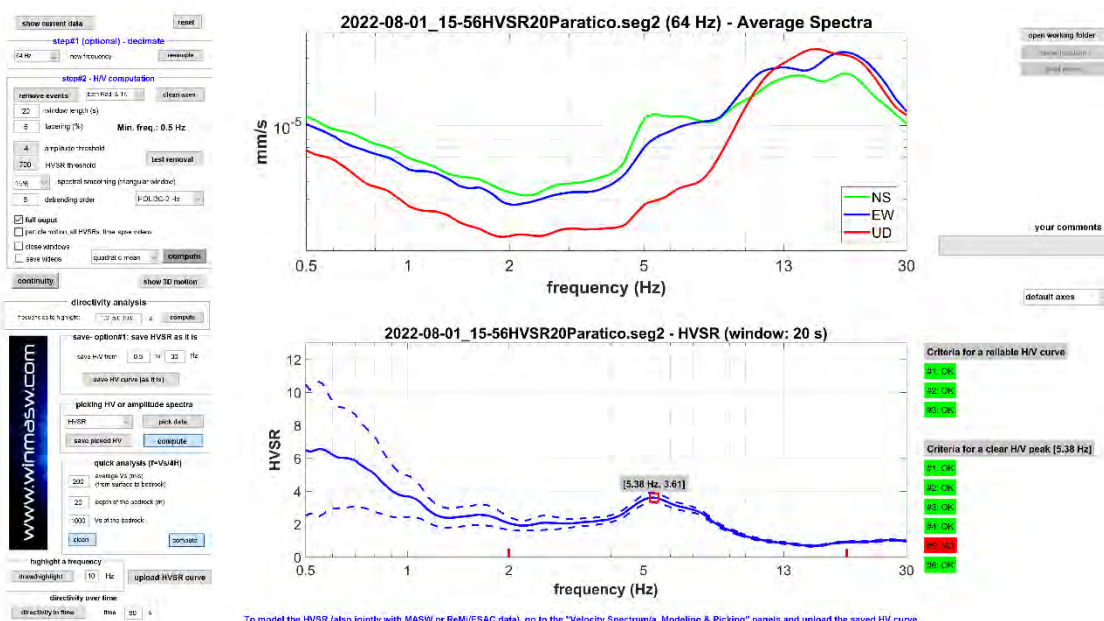


Figura 22: Curva HVSr20 misurata in campagna e controllo criteri SESAME

La misura HVSr da 10 minuti è risultata eccessivamente disturbata da interferenze di natura antropica, pertanto non è stata considerata.

La misura HVSr da 20 minuti mostra un contrasto di impedenza abbastanza marcato a frequenze di circa 5,4 Hz, indicativo di un cambio litologico/reologico a profondità indicativamente comprese tra 8-13 m dal pc.

3.3.3. Elaborazione indagine sismica

L'elaborazione dell'indagine è stata eseguita tramite:

- analisi dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love con le curve modali e con approccio Full Velocity Spectrum (FVS);
- analisi della curva HVSr da 20 minuti.

Le risultanze portano alla definizione del seguente modello geofisico del sottosuolo, con $V_{s30} = V_{sE} = 411$ m/s. In allegato si forniscono i report delle indagini e il modello geofisico del sito.

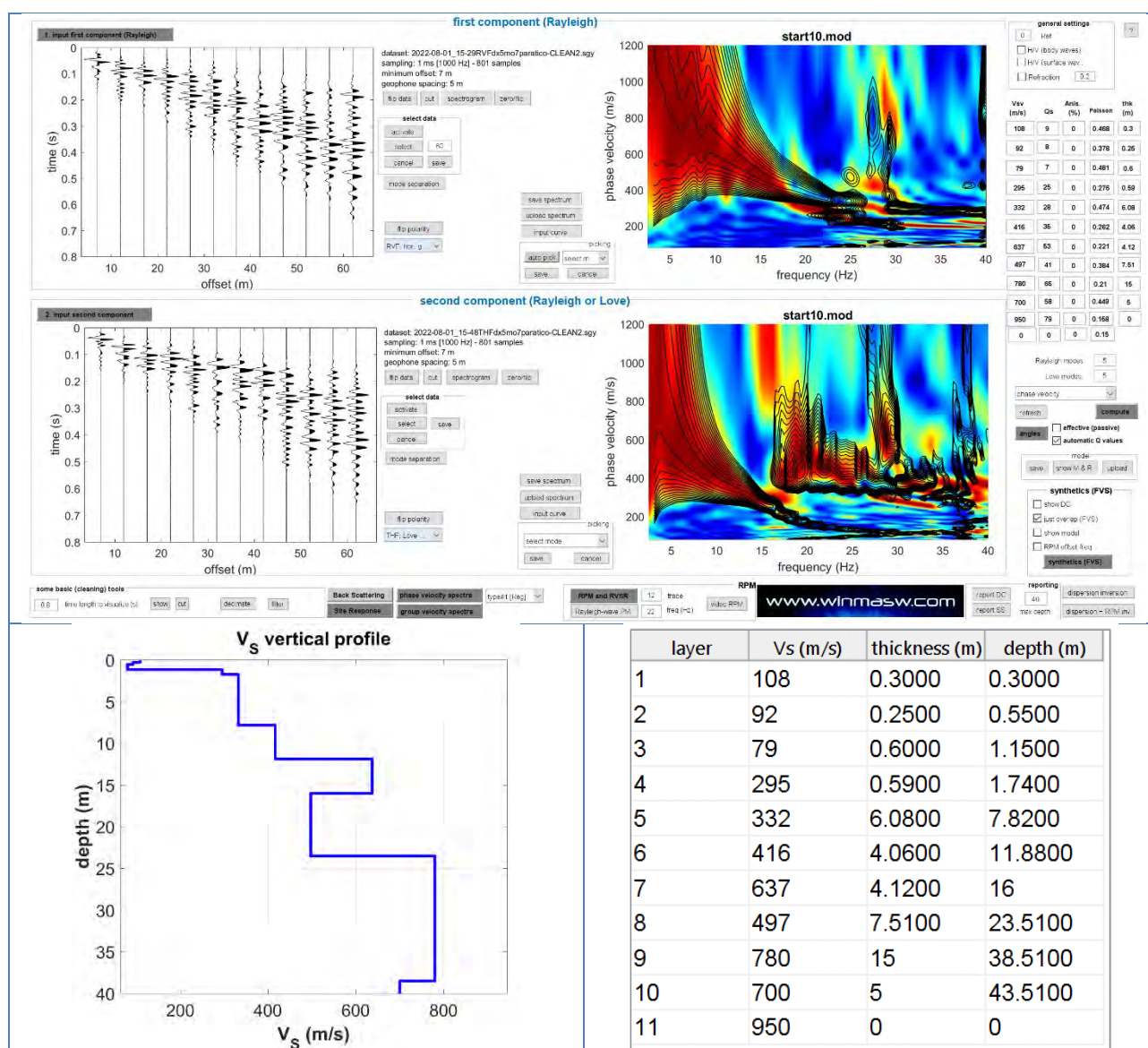


Figura 23: Elaborazione indagine sismica congiunta MASW+HVSr e modello geofisico del sito

3.4. APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO RELATIVO AL SITO IN STUDIO – APP5

Si riporta la procedura di II Livello di approfondimento secondo quanto indicato nell'all. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 utilizzando le risultanze esposte in precedenza.

Sulla base della litologia del sottosuolo del sito e dell'andamento del profilo di Vs si considerano:

- la scheda litologica "limoso-argillosa tipo 2";
- il valore di Vs_{6,3} pari a 329 m/s (*considerando un piano di posa delle fondazioni ad almeno 1,5 m dal piano campagna*);
- la curva 3 blu (vedi Figura 25).

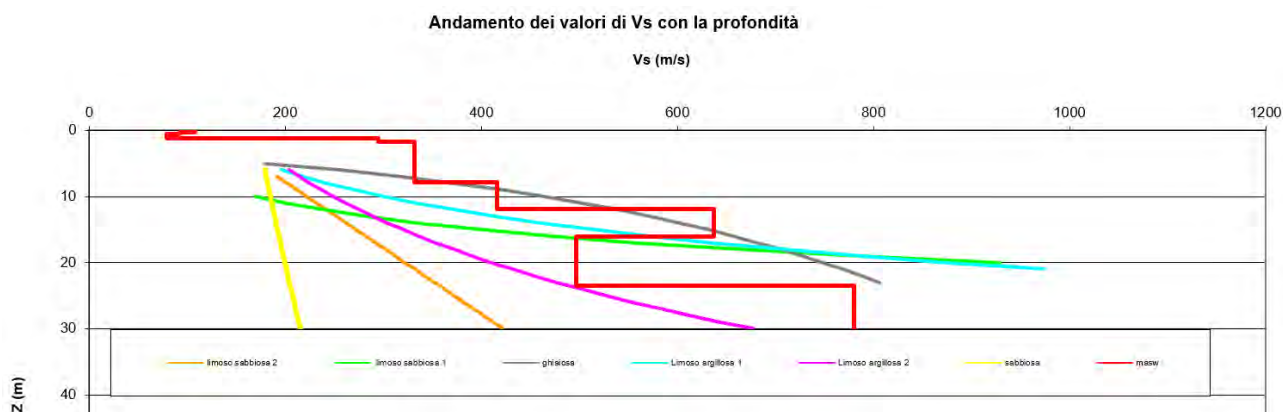


Figura 24: Andamento Vs/Prof

Sulla base dell'indagine eseguita e del modello geofisico del sottosuolo ricostruito il periodo di risonanza del sito risulta pari a 0,3 s.



Figura 25: Estratto Scheda limoso-argillosa tipo 2

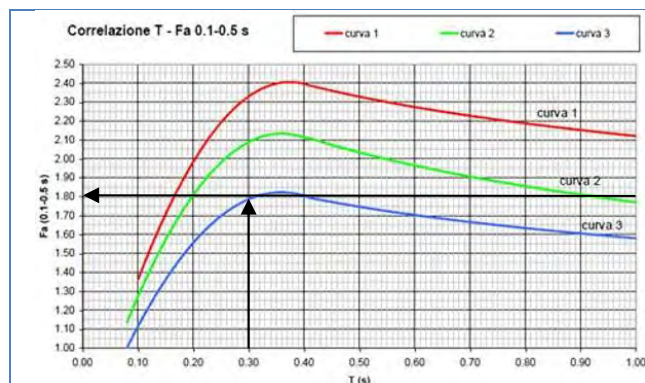


Figura 26 - calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s

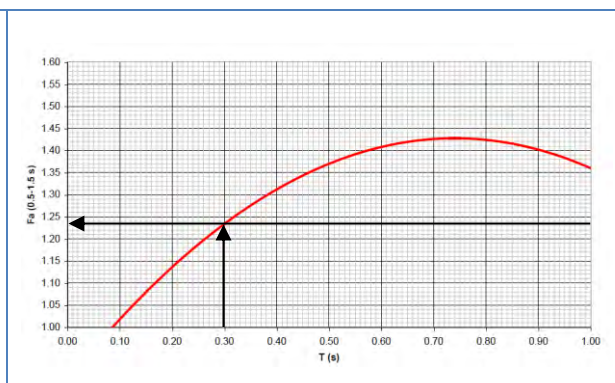


Figura 27 - calcolo del valore di FAC per 0,5-1,5s

Si confrontano tali valori con i valori di soglia comunale (FAS):

Comune	INTERVALLO	Valori di sito - FAC	Valori soglia - FAS			
			B	C	D	E
PARATICO	0.1 - 0.5	1,80	1,5	1,9	2,3	2,0
	0.5 - 1.5	1,24	1,7	2,4	4,3	3,1

Tabella 2: Valori di amplificazione sismica di soglia comunale DGR 7374/2008 (FAS)

- edifici con periodo $0,1 < T < 0,5$: il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) è maggiore del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo B. Risulta pertanto necessario considerare la categoria di sottosuolo superiore C, per la quale risulta verificata la disequazione $FAC \leq FAS$;
- edifici con periodo $0,5 < T < 1,5$: Il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) è minore del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo B.

Si ricorda che, secondo quanto espressamente dichiarato da Regione Lombardia con nota dell'ottobre 2016, "si intende che, per la corretta applicazione del metodo, vadano accettati tutti i valori di FAC che una volta applicata la tolleranza (+/- 0,1) soddisfino almeno una volta il non superamento del valore soglia".

3.5. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE TOPOGRAFICA

Le NTC 2018 prevedono che la classificazione del sottosuolo si effettui in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:
 h_i spessore dell'i-esimo strato;
 $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 N numero di strati;
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Figura 28: Estratto NTC 2018

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Sulla base delle analisi precedenti ai fini progettuali risulta corretto applicare la **categoria di sottosuolo C**.

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 3: Categoria di sottosuolo di fondazione- Estratto NCT 2018.

La categoria topografica definita in base al D.M. 17/01/2018 è **T1** (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $<15^\circ$) cui corrisponde un valore di coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 4: Categorie topografiche- Estratto NCT 2018

3.6. PARAMETRI SISMICI DI SITO

L'allegato B alle norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018) espone i nuovi dati di pericolosità sismica per tutto il territorio nazionale che permettono di definire l'azione sismica. Di seguito si illustrano i parametri di calcolo:

Coordinate geografiche del sito	WGS84: Lat 45.660330 - Lng 9.961255
Stato Limite Ultimo scelto	S.L.V. Probabilità di superamento nel periodo di rif = 10%
Stato Limite Esercizio scelto	S.L.D. Probabilità di superamento nel periodo di rif = 63%
Vita nominale dell'opera	50 anni
Classe d'uso	IV

Per il sito in studio si ottengono i seguenti valori (software Geostru - Parametri sismici):

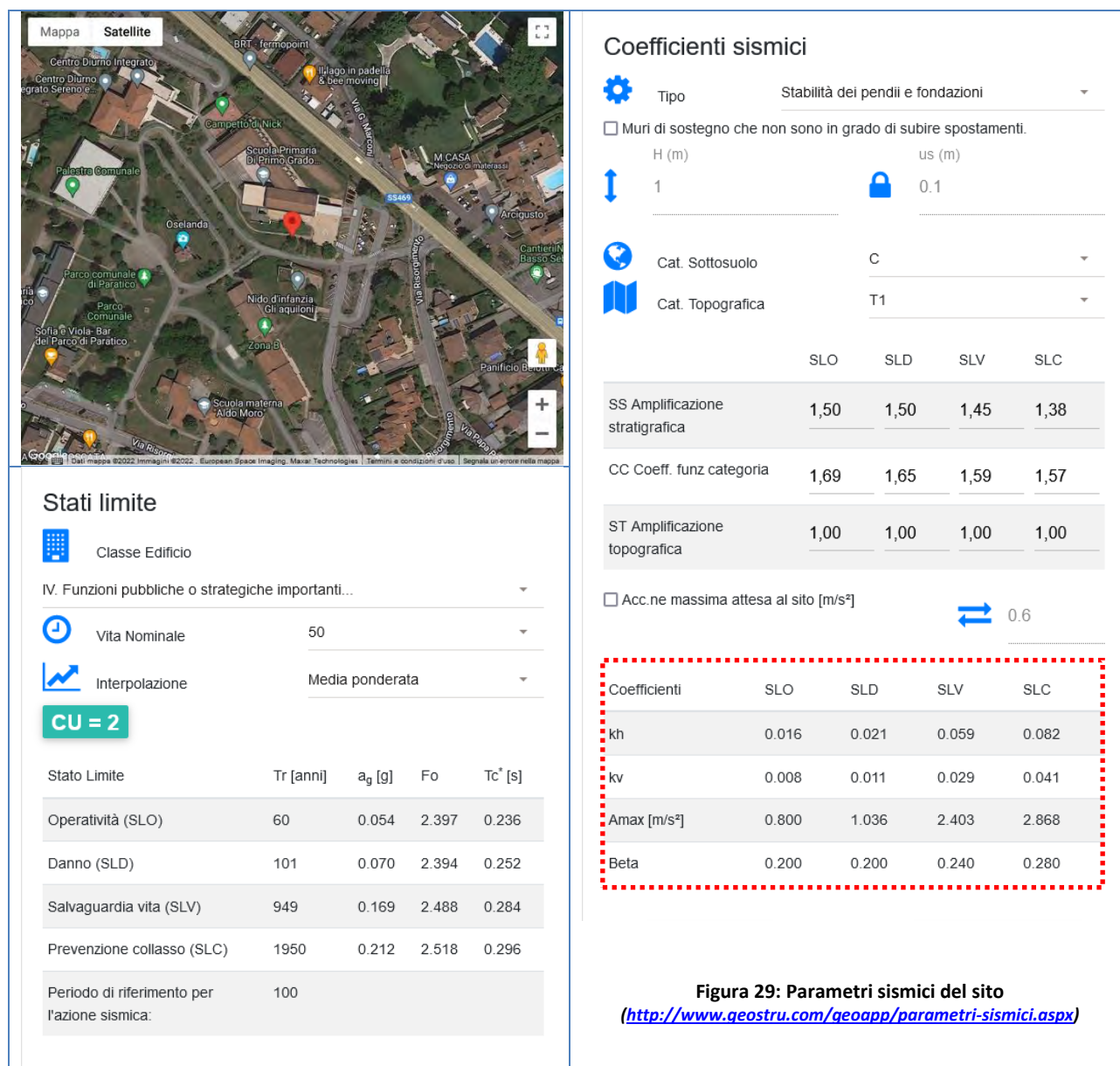


Figura 29: Parametri sismici del sito
<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>

4. MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO

4.1. ACQUISIZIONE DATI – APP4

La ricostruzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni è stata fatta tramite la realizzazione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche DPSH sito-specifiche.

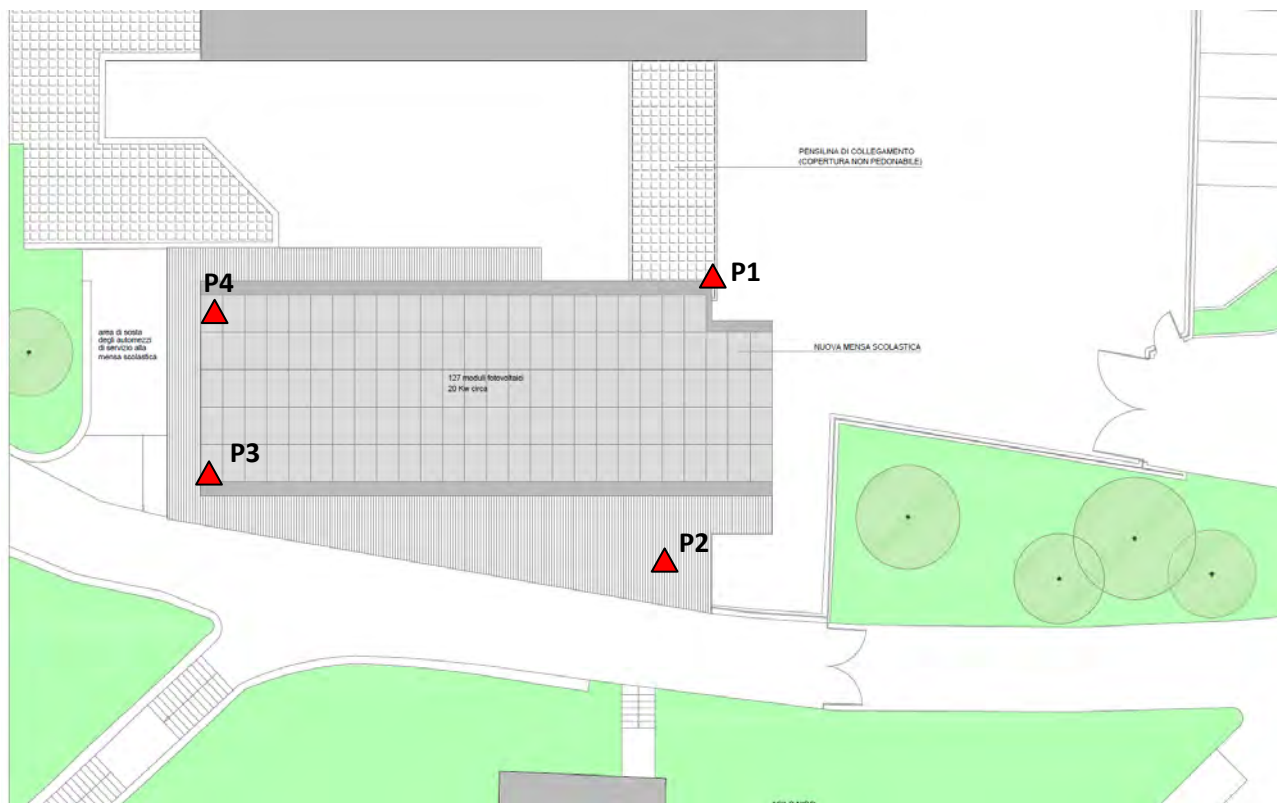


Figura 30: Ubicazione prove penetrometriche DPSH



Figura 31: almanacco fotografico postazioni di prova

NB: nella prova P1 è stato installato temporaneamente un tubo microfessurato rilevando acqua a partire dalla profondità di 3 m da pc.

4.2. VALORI CARATTERISTICI E DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato, partendo dalle litologie riscontrate in sito e correlate con le informazioni delle prove. Tali valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni sono stati ottenuti attraverso l'interpretazione dei dati acquisiti nella indagine geotecnica precedentemente esposta. I valori di progetto dei parametri geotecnici si ottengono dai valori caratteristici tenendo conto dei coefficienti parziali γ_M .

Sulla base delle litologie riscontrate il sottosuolo indagato viene schematicamente considerata 1 litozona cui vengono attribuiti i seguenti parametri geotecnici:

CORPO GEOLOGICO (UNICO)– depositi fluvio-glaciali limoso sabbioso argillosi con rare ghiaie e ciottoli

- Angolo di resistenza al taglio (ϕ'_k) = 29°
- Peso dell'unità di volume (γ) = 1.800 Kg/mc
- Modulo di deformazione E_{yk} = 80 Kg/cmq
- Comportamento geotecnico: granulare

Per quanto riguarda la costante di sottofondo si riporta una tabella secondo Pozzati, con evidenziato un range nel riquadro “rosso” relativo ai terreni presenti a contatto con le fondazioni.

MODULO DI REAZIONE “VERTICALE” DEL TERRENO [WINKLER]		Figura 32 Tabella riepilogativa K di Winkler
NATURA DEL TERRENO	K (Kg/cm3)	
torba leggera.....	0.6 ~ 1.2	<div>Natura dei terreni a contatto con le fondazioni in oggetto</div>
torba pesante.....	1.2 ~ 1.8	
terra vegetale.....	1.0 ~ 1.5	
depositi recenti.....	1.0 ~ 2.0	
sabbia di mare, fina.....	1.5 ~ 2.0	
sabbia poco coerente.....	2.0 ~ 4.0	
terra molto umida.....	2.0 ~ 3.5	
terra poco umida.....	3.0 ~ 6.0	
terra secca.....	5.0 ~ 10.0	
argilla con sabbia.....	8.0 ~ 10.0	
argilla grassa.....	10.0 ~ 12.0	
sabbia compatta.....	8.0 ~ 15.0	
ghiaia con sabbia.....	10.0 ~ 25.0	
ghiaia compatta.....	20.0 ~ 30.0	
(Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI)		

Si rilevano possibili problematiche relative alle possibili interferenze di acque con le operazioni di scavo e con le opere stesse. Tali problematiche vengono affrontate nel prossimo paragrafo.

4.3. PRESCRIZIONI OPERATIVE

4.3.1. In corso d'opera

La scarsa capacità di drenaggio dei terreni determina la possibilità di accumuli temporanei d'acqua meteorica e/o dalle pareti, negli scavi. Durante le operazioni di sbancamento potrebbe essere necessario prevedere pertanto un sistema di evacuazione tramite pompe varisco.

Per la definizione delle pendenze dovrà tenere conto delle linee guida ISPEL D.lgs 9 aprile 2008 n. 81 attuazione dell'art. 1 Legge 3 agosto 2007 n. 23 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Le inclinazioni delle pareti di scavo a breve termine vista la presenza di una certa frazione coesiva sono previste pari a 63° - 72° con possibilità di essere ri-valutate in corso d'opera sulla base delle reali condizioni geologiche, ed in particolare dovranno essere ridotte nel caso di presenza o meno di infiltrazioni idriche in scarpata.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Scheda 3

Aspetto affioramento

Descrizione materiale di scavo

Roccia poco resistente e/o molto fessurata (argilliti, flysch, scisti molto fratturati, rocce molto alterate); terreni fini molto compatti o cementati (terreni a matrice argillosa compatti, sabbie e ghiaie cementati)

Caratteristiche geotecniche

GSI (-)	Dr (-)	ϕ (°)	c (kPa)
15-25	-	25-42	10-20

Inclinazione parete di scavo

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Scheda 4

Aspetto affioramento

Descrizione materiale di scavo

Terreni fini mediamente compatti o cementati (terreni a matrice limosa compatti, sabbie e ghiaie poco cementati o legati da terreno fine, comunque dotati di coesione (supporto di matrice))

Caratteristiche geotecniche

GSI (-)	Dr (-)	ϕ (°)	c (kPa)
-	-	28-32	5-10

Inclinazione parete di scavo

4.3.2. lungo termine (post-operam)

Gli apporti idrici visti nel precedente paragrafo potrebbero risultare permanenti, seppure di scarsa entità (portata indicativa <0,2 l/s), tramite infiltrazioni di acque meteoriche provenienti da monte, ma veicolate dagli orizzonti sabbiosi più permeabili interferenti con gli scavi. Nel caso sia impraticabile l'allontanamento di tali acque con un sistema gravitativo (drenaggio intorno alle fondazioni e semplice tubo di scarico di fondo con recapito a valle → Nord o NE) si consiglia di prevedere una struttura impermeabile (es. vasca bianca).

4.4. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze (v. par. 7.11.3.4.2 del DM 17.01.18):

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Non riscontrando con sufficiente certezza alcuna delle condizioni di cui sopra, per la verifica alla liquefazione sono state considerate le seguenti informazioni:

- falda idrica a 3 m di profondità;
- $a_{max}/g = 0,25$;
- magnitudo $M = 5,0$
- metodo di Seed e Idriss, 1982;
- valore di N_{spt} medio: 10 – da prove penetrometriche sito-specifiche

DATI INSERITI		R = 8,5		EPC EDITORE	
H_{falda}	= 3	a_{max}/g	= 0,25	M_w	= 5

STRATIGRAFIA TERRENO		S_{TOT}	19,00
STRATO		H_i	= 15
Parametri da inserire		Parametri calcolati	
H_i	= 15	γ_{szo}	= 1,00
γ	= 1,8	σ_{v0}	= 2,70
N_{spt}	= 10	$\sigma_{v0'}$	= 1,50
d_{50}	= 0,7	P_{neutra}	= 1,20
S_1	= 19	r_g	= 0,77
FC	= 9	N_i	= 4,90
		N_i	= 0

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (DA PROVE DINAMICHE SPT) METODO DI SEED E IDRIS (1982)					
FORMULE:				RISULTATI:	
$N_a = N_f + N_{gr} \left(\frac{P_o}{\sigma_v} \right)^{0.5}$				Spessore	STRATO
				N_a	19
$CRR = \frac{N_a}{90}$				CRR	0,071
$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0'}} \cdot F_d \cdot \frac{1}{MSF}$				M_w	5
				CSR	0,059
$r_d = 1 - 0,015 \cdot z$					0,78
$1,3 < F_s = CRR/CSR$		M_w	5	F_s	1,202
					Liquefacibile
$1,25 < F_s = CRR/CSR$		M_w	5	F_s (NTC 08)	1,202
					Liquefacibile
RISCHIO di Liquefazione (Wasaki et al. 1978) Molto Basso					
PROBABILITA' di Liquefazione (Liang et al. 2001) $[P_L (\%)]$ 0,16					
SUSCETTIBILITA' di Liquefazione (Liang et al. 2001) Non probabile					

Si ottiene un rischio di liquefazione molto basso.

Palazzolo s/O, settembre 2022

Dott. geol. Marco Carraro n. 701 O.G.L



ALLEGATI

- **N. 4 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**
- **REPORT HVSR, MASW E MODELLO GEOFISICO DEL SITO**

Prof. (m)	Numero colpi									
	DP1	DP2	DP3	DP4	DP5	DP6	DP7	DP8	DP9	DP10
0,3	15	37	8	13						
0,6	11	44	19	12						
0,9	9	31	16	10						
1,2	9	68	12	16						
1,5	5	25	10	71						
1,8	7	16	31	44						
2,1	5	12	39	37						
2,4	10	13	15	19						
2,7	16	14	48	15						
3,0	15	18	150	16						
3,3	11	22		21						
3,6	15	17		77						
3,9	14	12		150						
4,2	23	16								
4,5	28	29								
4,8	12	150								
5,1	18									
5,4	18									
5,7	17									
6,0	20									
6,3	22									
6,6	20									
6,9	21									
7,2	24									
7,5	20									
7,8	20									
8,1	27									
8,4	30									
8,7	21									
9,0	20									
9,3	15									
9,6	10									
9,9	16									
10,2										
10,5										
10,8										
11,1										
11,4										
11,7										
12,0										
12,3										
12,6										
12,9										
13,2										
13,5										
13,8										
14,1										
14,4										
14,7										
15,0										

Ecosphera S.r.l. - Via Malogno, 2 - Palazzolo sull'Oglio (BS) PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
Dott. Geol. Marco Carraro n. 701 O.G.L.

Committente: Comune di Paratico

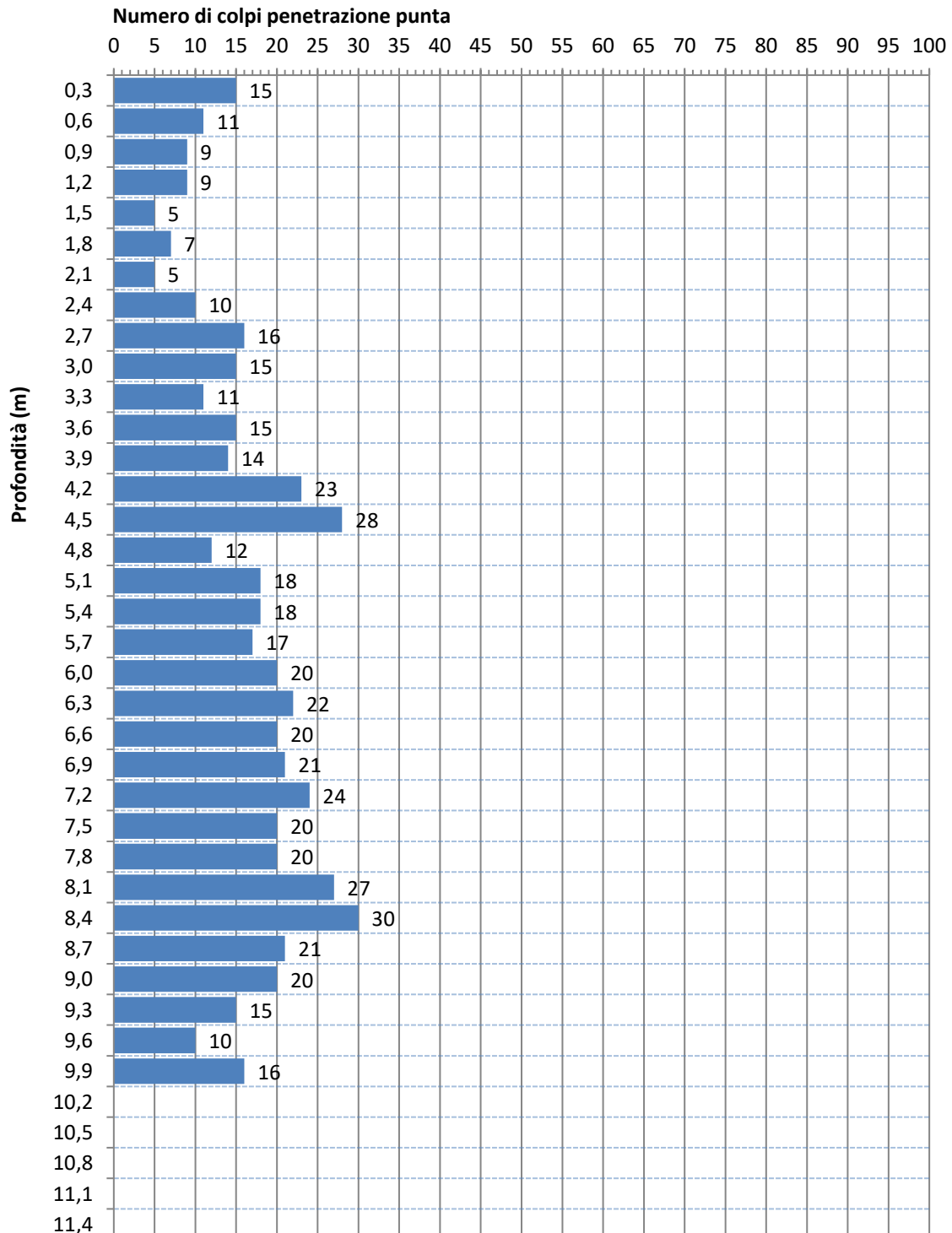
Data: 05/08/2022

Descrizione: Costruzione nuova mensa scolastica

Località: via risorgimento – loc. Parco Segafieni Paratico (BS)

Committente: Comune di Paratico
Descrizione: Costruzione nuova mensa scolastica
Località: via risorgimento – loc. Parco Segafieni Paratico (BS)

Data: 05/08/2022



Dati tecnici prova

Penetrometro: Pagani TG 63-200
Massa battente: 73 kg
Altezza di caduta maglio: 75 cm
Punta diam. 50,5 mm con angolo di 60 gradi
Aste diam. 34 mm.

Impresa esecutrice

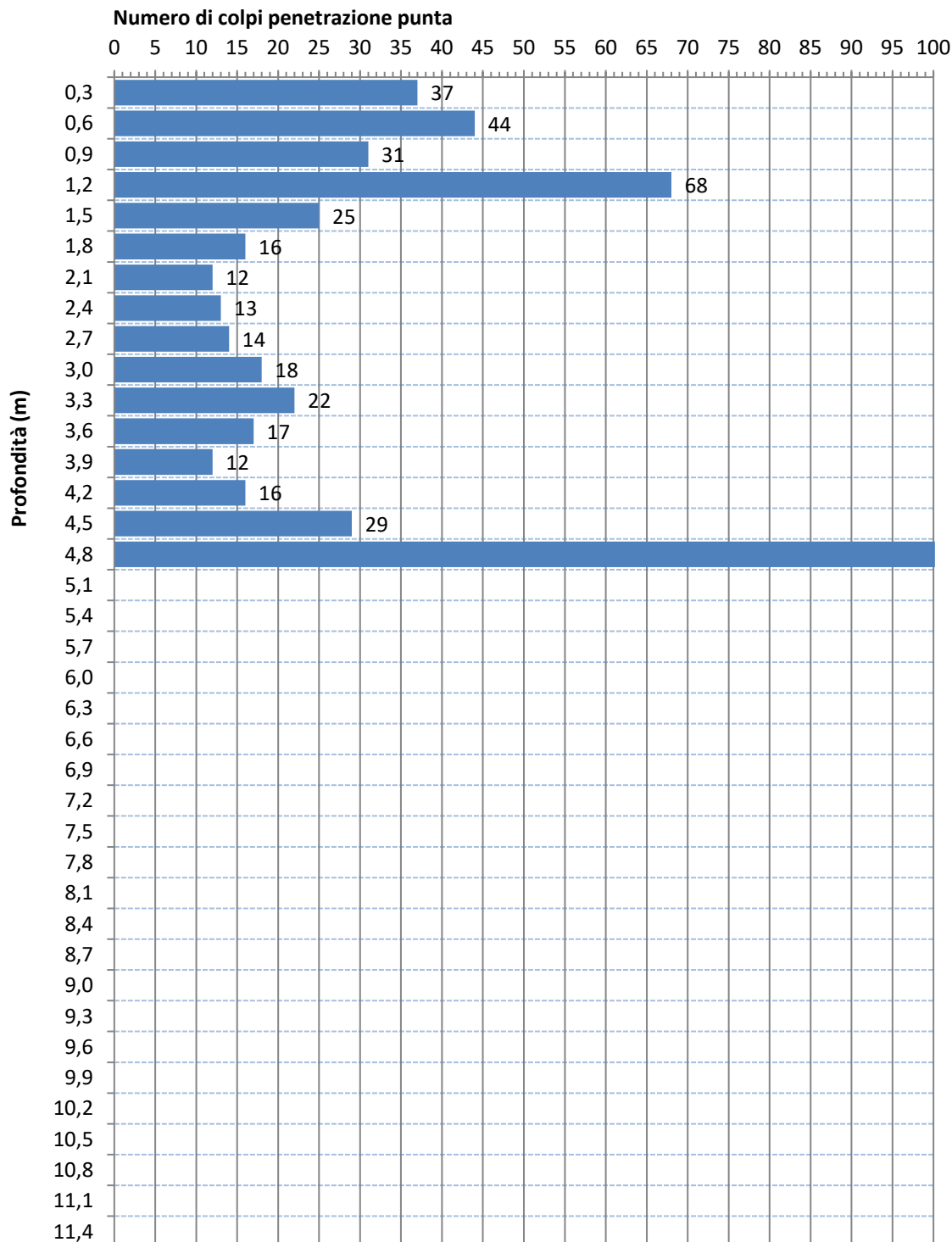
GEO.TI s.a.s. di Trovenzi Claudio & C.

Committente: Comune di Paratico

Data: 05/08/2022

Descrizione: Costruzione nuova mensa scolastica

Località: via risorgimento – loc. Parco Segafieni Paratico (BS)



Dati tecnici prova

Penetrometro: Pagani TG 63-200

Massa battente: 73 kg

Altezza di caduta maglio: 75 cm

Punta diam. 50,5 mm con angolo di 60 gradi

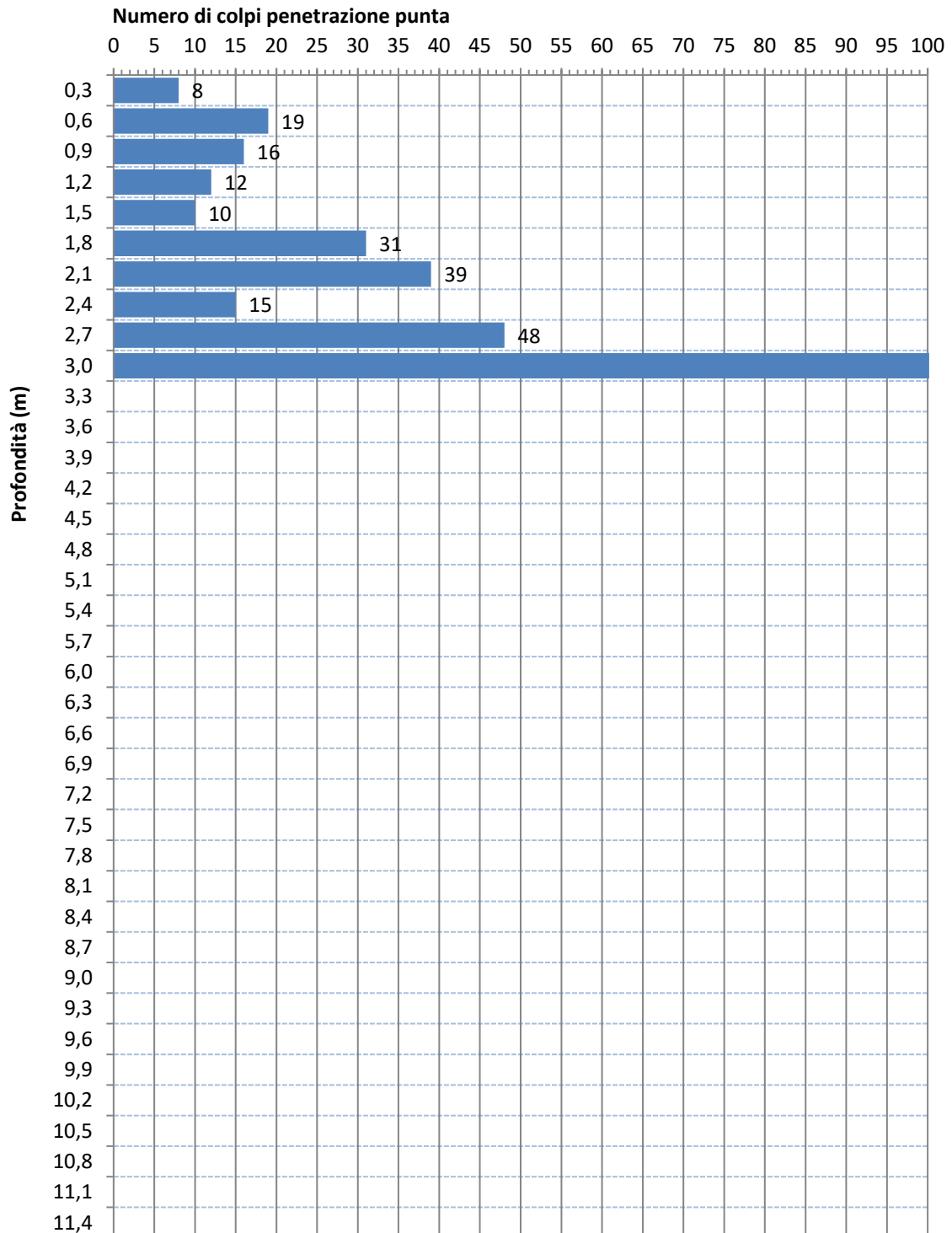
Aste diam. 34 mm.

Impresa esecutrice

GEO.TI s.a.s. di Trovenzi Claudio & C.

Committente: Comune di Paratico
Descrizione: Costruzione nuova mensa scolastica
Località: via risorgimento – loc. Parco Segafieni Paratico (BS)

Data: 05/08/2022



Dati tecnici prova

Penetrometro: Pagani TG 63-200
Massa battente: 73 kg
Altezza di caduta maglio: 75 cm
Punta diam. 50,5 mm con angolo di 60 gradi
Aste diam. 34 mm.

Impresa esecutrice

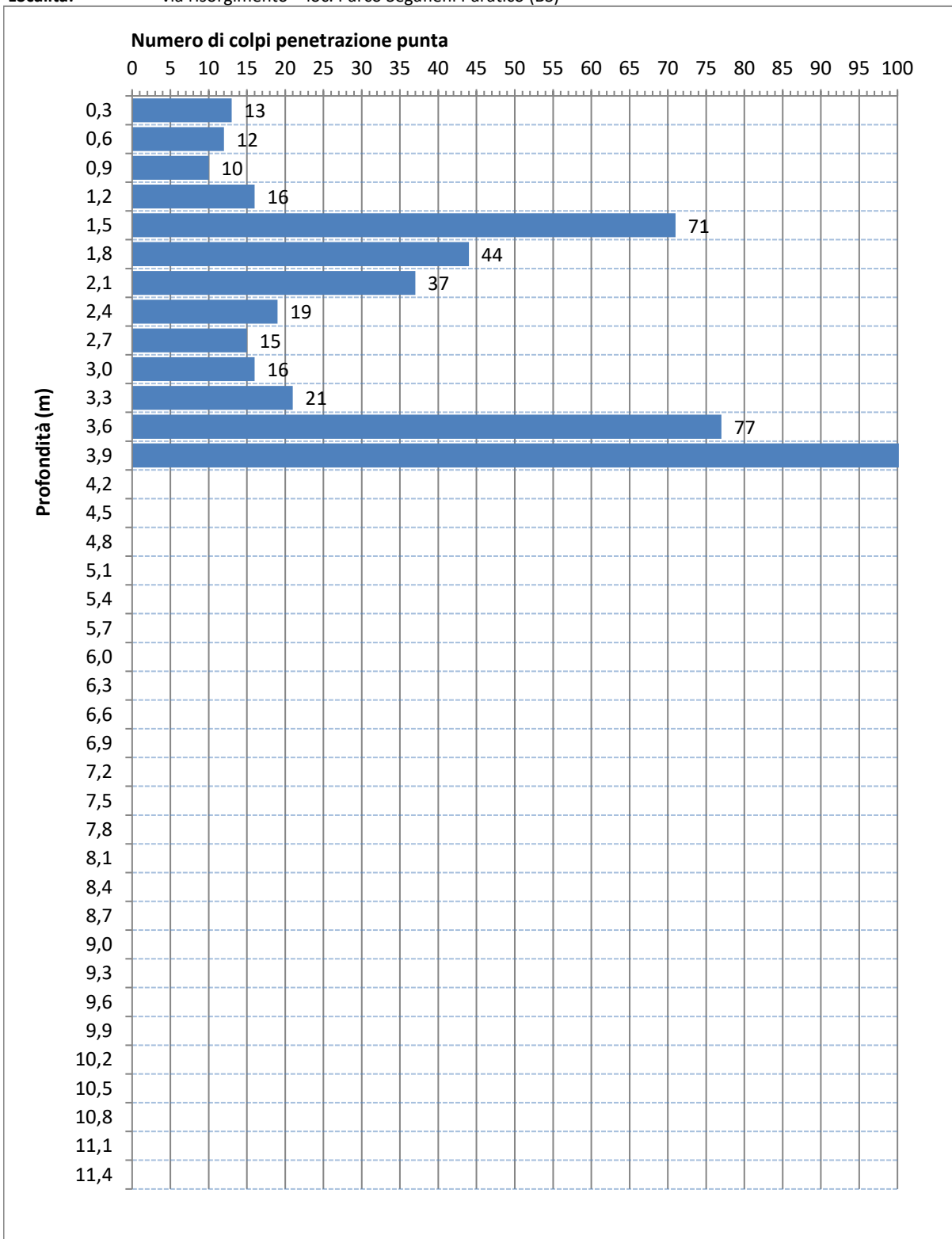
GEO.TI s.a.s. di Trovenzi Claudio & C.

Committente: Comune di Paratico

Data: 05/08/2022

Descrizione: Costruzione nuova mensa scolastica

Località: via risorgimento – loc. Parco Segafieni Paratico (BS)



Dati tecnici prova

Penetrometro: Pagani TG 63-200

Massa battente: 73 kg

Altezza di caduta maglio: 75 cm

Punta diam. 50,5 mm con angolo di 60 gradi

Aste diam. 34 mm.

Impresa esecutrice

GEO.TI s.a.s. di Trovenci Claudio & C.

winMASW & HoliSurface: Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: 2022-08-01_15-33HVSRI0paratico.seg2

DATA ACQUISITION

Date and time:

DATA PROCESSING

Date: 2 8 2022

Time: 15 33

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 20

HVSR computation: quadratic mean

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 10.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 5.4 (±3.5)

Peak HVSR value: 3.8 (±0.4)

== Criteria for a reliable H/V curve ==

#1. $[f_0 > 10/Lw]$: $5.393 > 0.5$ (OK)

#2. $[nc > 200]$: $5501 > 200$ (OK)

#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ==

#1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]$: yes (considering standard deviations), at frequency 1.4Hz (OK)

#2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]$: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)

#3. $[A_0 > 2]$: $3.8 > 2$ (OK)

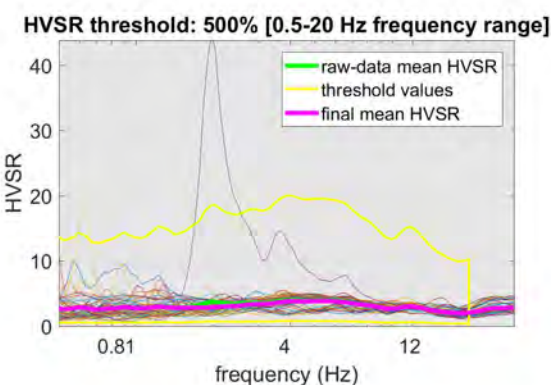
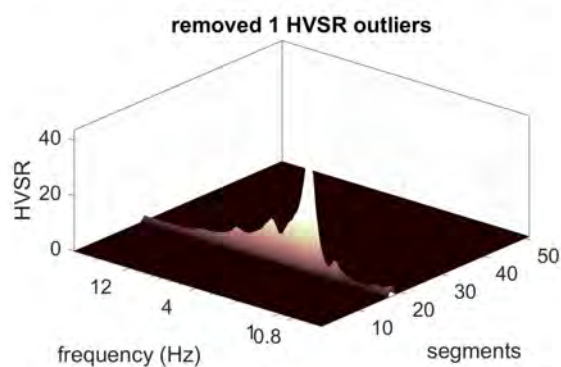
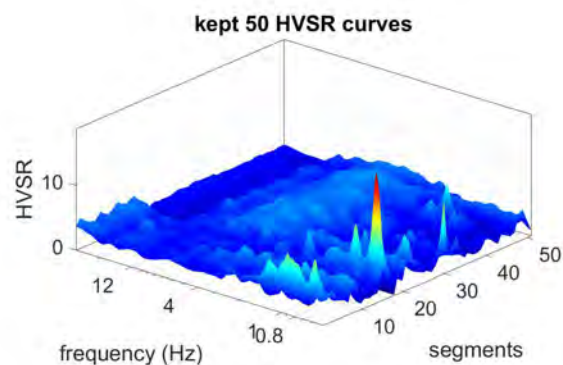
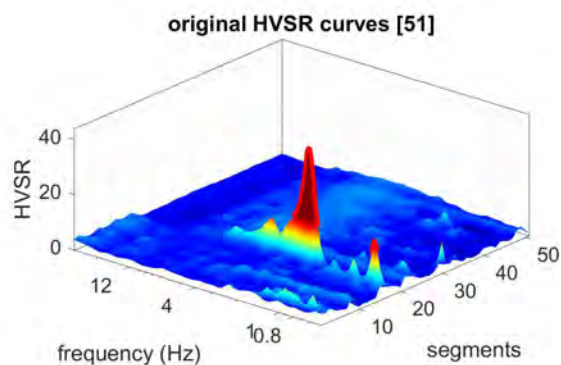
#4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f)] \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%]$: (NO)

#5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$: $3.487 > 0.270$ (NO)

#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $1.019 < 1.58$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.



show current data reset

step#1 (optional) - decimate

64 Hz New frequency resample

step#2 - HV computation

remove events both files & fit clean axes

20 window length (s) 5 tapering (%) Min. freq.: 0.5 Hz

15% amplitude threshold 500 HVSR threshold test removal

15% spectral smoothing (triangular window) 6 detrending order HOLSVC-2 Hz

full output

particle motion, all HVSRs, time lapse videos

close windows

save videos: quadratic mean compute

continuity show 3D motion

directivity analysis

frequencies to highlight: 1.0 5.0 10.0 Hz compute

save-option#1: save HVSR as it is

save HV from 0.5 to 30 Hz

save HV curve (as it is)

picking HV or amplitude spectra

HVSR pick data

save picked HV compute

quick analysis (H-Vs/4H)

200 average Vs (m/s) (from surface to bedrock)

20 depth of the bedrock (m)

1000 Vs of the bedrock

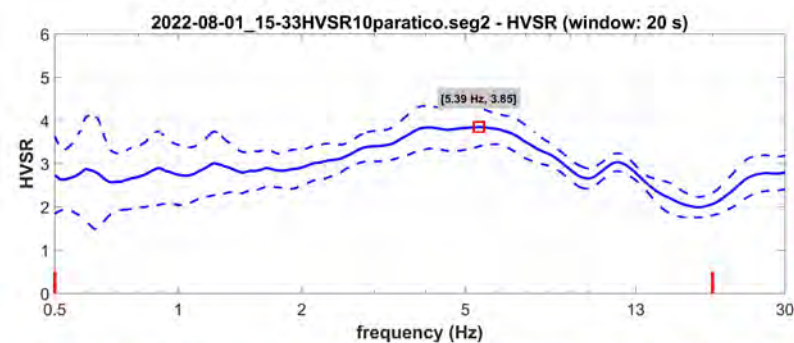
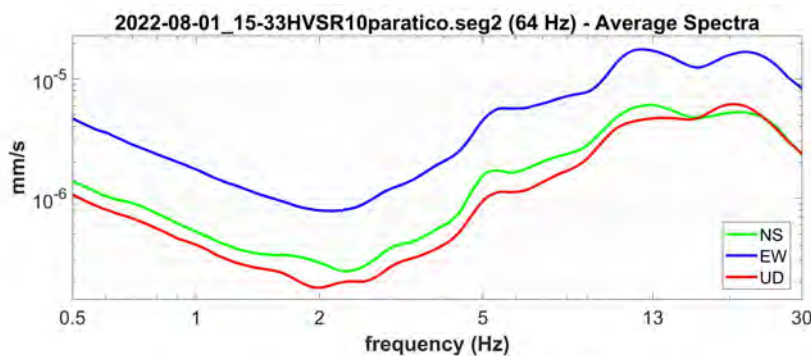
plot compute

highlight a frequency

draw/highlight 10 Hz upload HVSR curve

directivity over time

directivity in time time 50 s



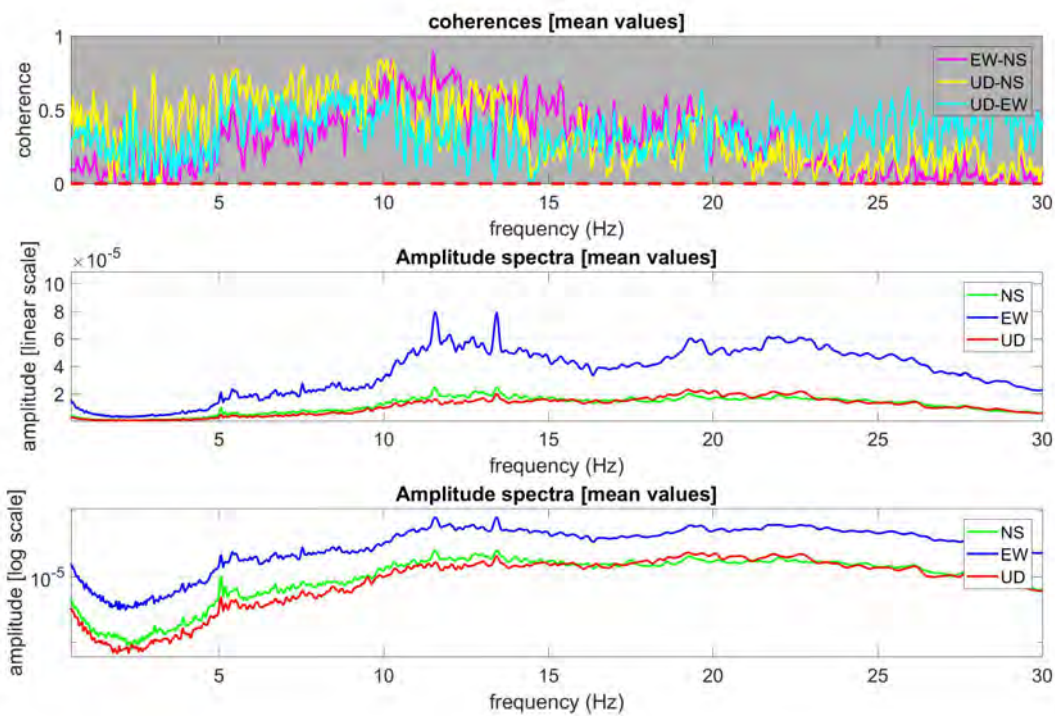
Criteria for a reliable H/V curve

H1	OK
H2	OK
H3	OK

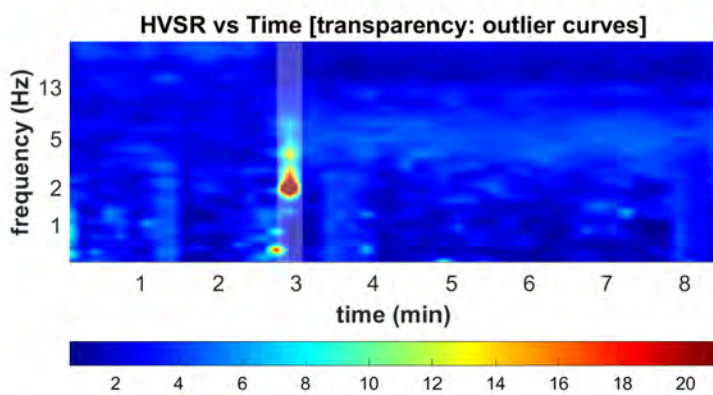
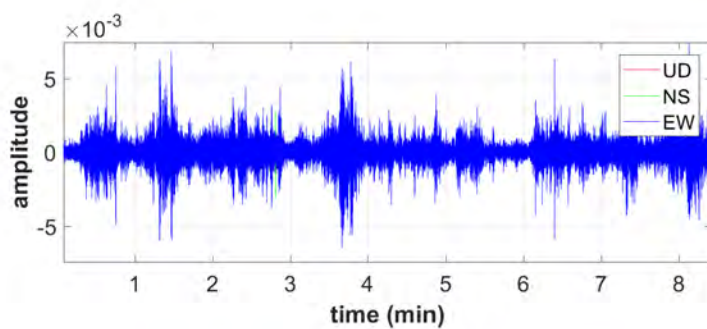
Criteria for a clear H/V peak [5.39 Hz]

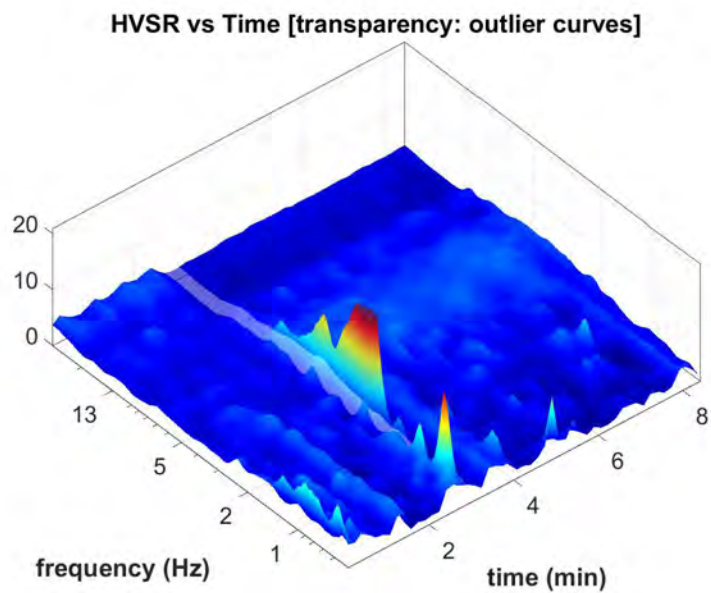
H1	OK
H2	OK
H3	OK
H4	OK
H5	OK
H6	OK
H7	OK

To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

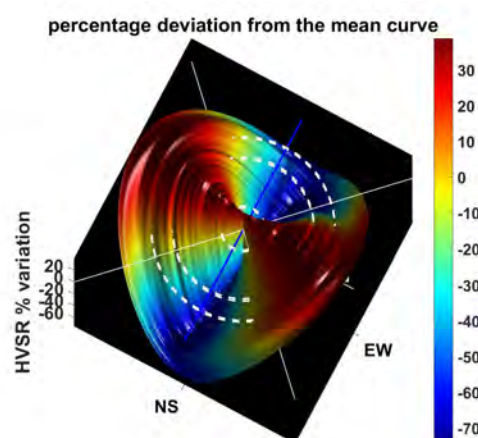
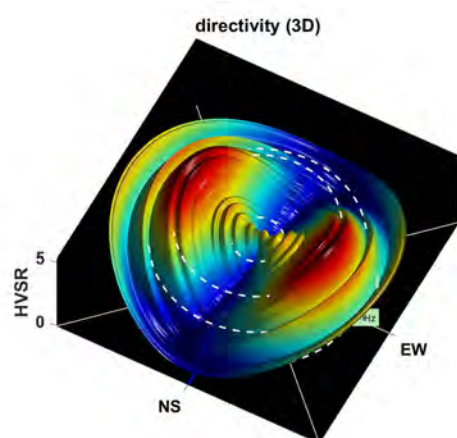
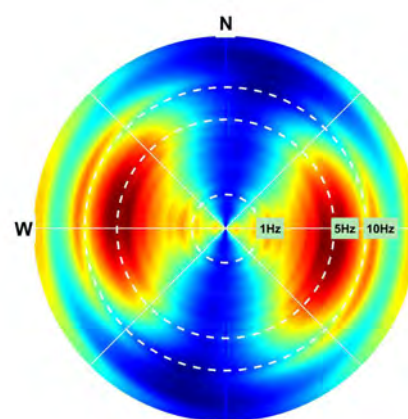
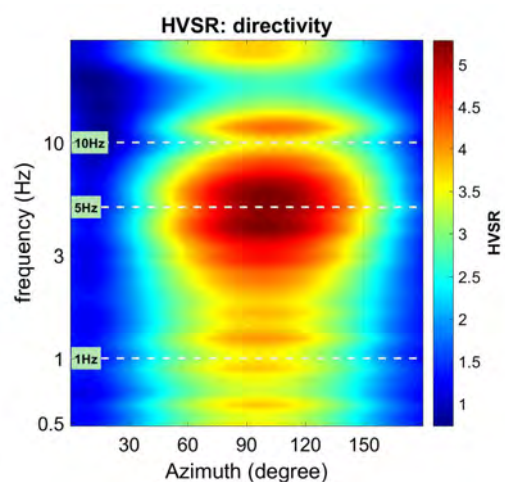


Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio





Directivity of the H/V Spectral Ratio



winMASW & HoliSurface: Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: 2022-08-01_15-56HVS20Paratico.seg2

DATA ACQUISITION

Date and time:

DATA PROCESSING

Date: 2 8 2022

Time: 15 46

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 20

HVSR computation: quadratic mean

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 2.0-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 5.4 (±1.1)

Peak HVSR value: 3.6 (±0.3)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. $[f_0 > 10/Lw]$: $5.378 > 0.5$ (OK)

#2. $[nc > 200]$: $9572 > 200$ (OK)

#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]$: yes (considering standard deviations), at frequency 1.4Hz (OK)

#2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]$: yes, at frequency 8.6Hz (OK)

#3. $[A_0 > 2]$: $3.6 > 2$ (OK)

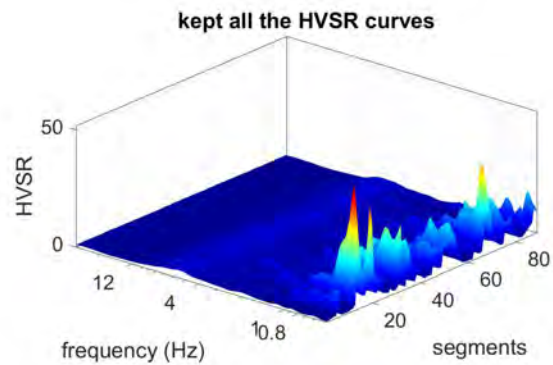
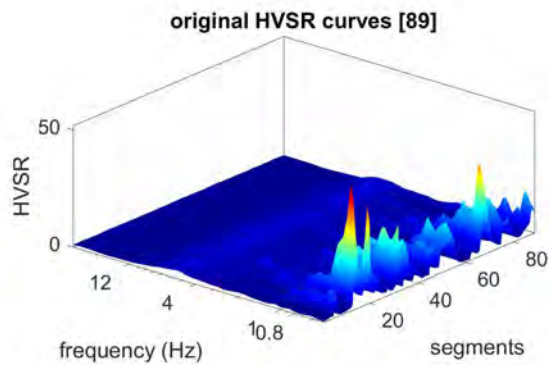
#4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f)] \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%]$: (OK)

#5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$: $1.076 > 0.269$ (NO)

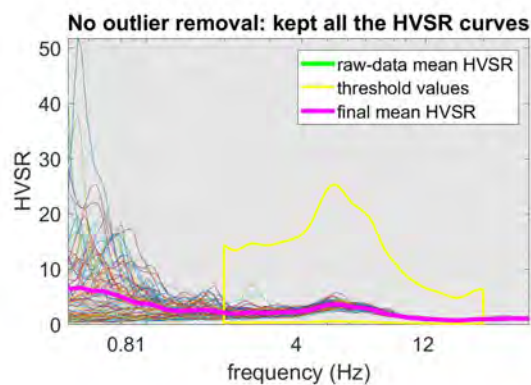
#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.461 < 1.58$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.



www.winmasw.com



show current data reset

step#1 (optional) - decimate

Min. freq.: 0.5 Hz

step#2 - HV computation

remove events both files & file clean axes

20 window length (s)

5 tapering (%)

15% spectral smoothing (triangular window)

6 detrending order HOLSIC-2 Hz

full output

particle motion, all HVSRs, time lapse videos

close windows

save videos

compute

continuity

show 3D motion

directivity analysis

frequencies to highlight: 1.0 5.0 10.0 Hz compute

save-option#1: save HVSR as it is

save HV from 0.5 to 30 Hz

save HV curve (as it is)

picking HV or amplitude spectra

HVSR pick data

save picked HV compute

quick analysis (H-Vs/4H)

200 average Vs (m/s) (from surface to bedrock)

20 depth of the bedrock (m)

1000 Vs of the bedrock

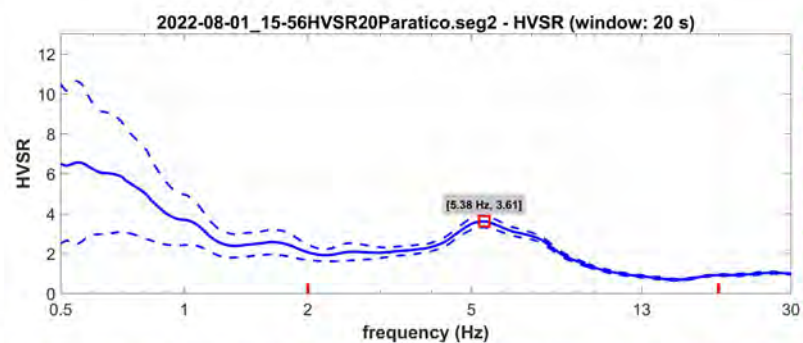
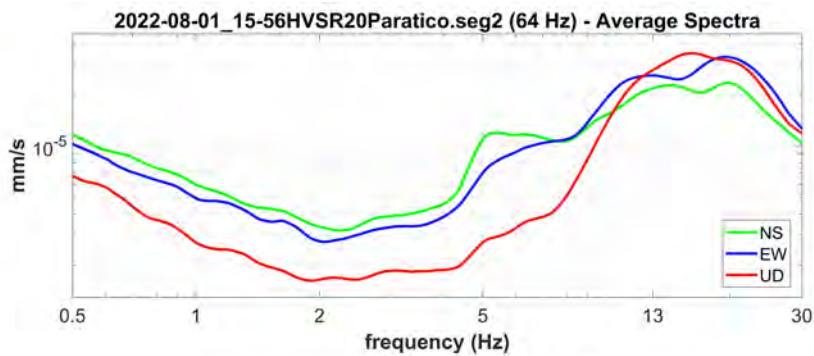
compute

highlight a frequency

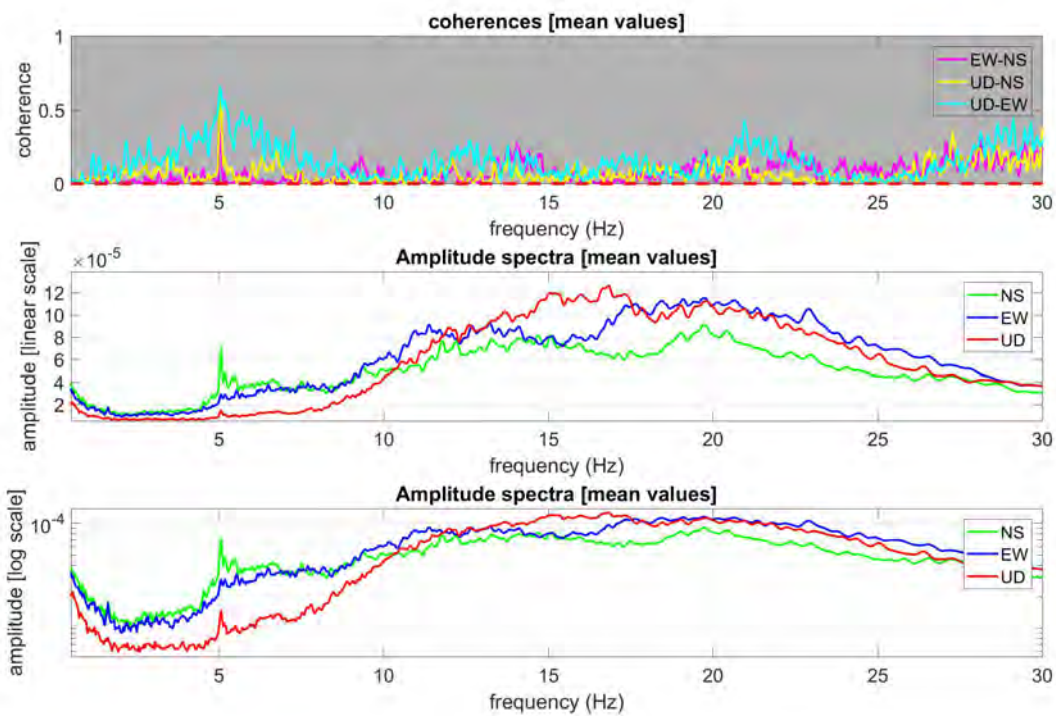
draw highlight 10 Hz upload HVSR curve

directivity over time

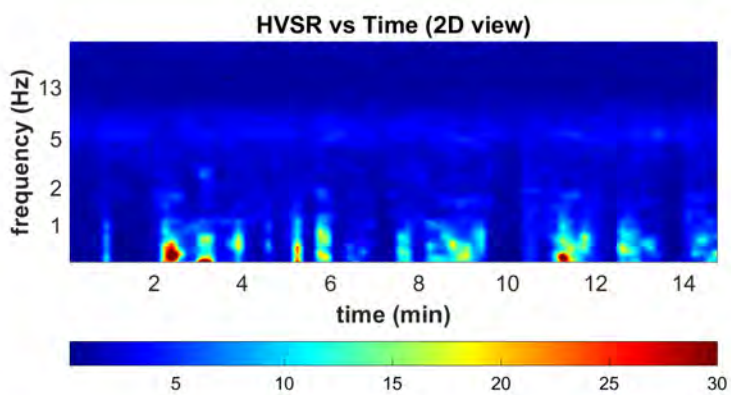
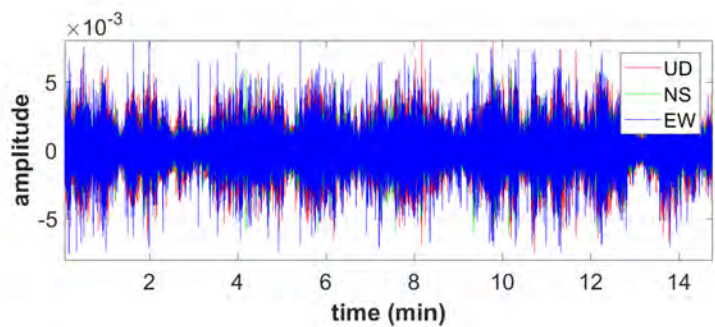
directivity in time time 30 s

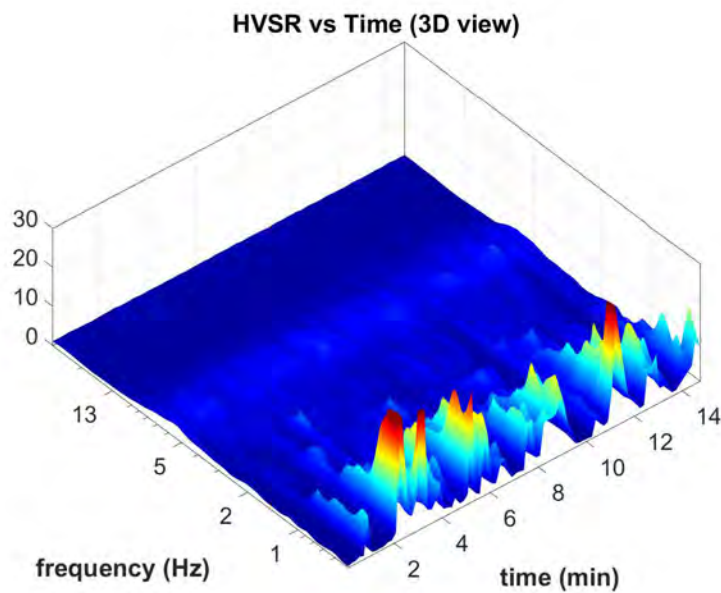


To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

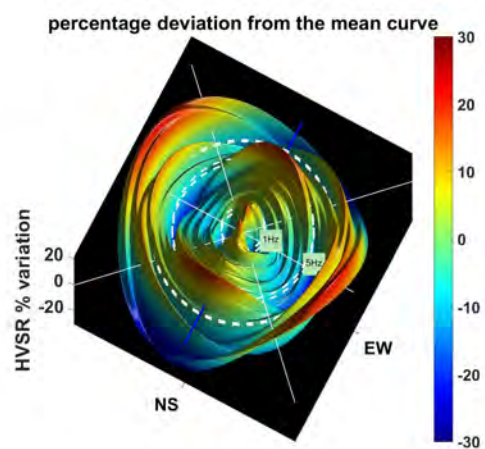
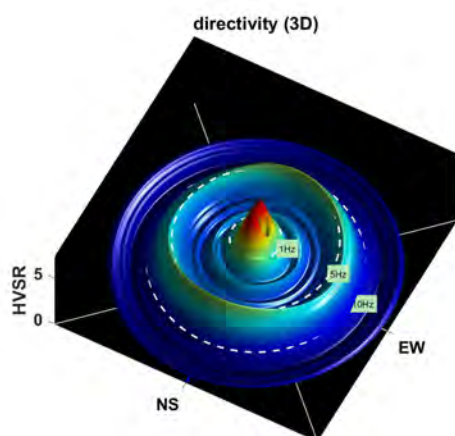
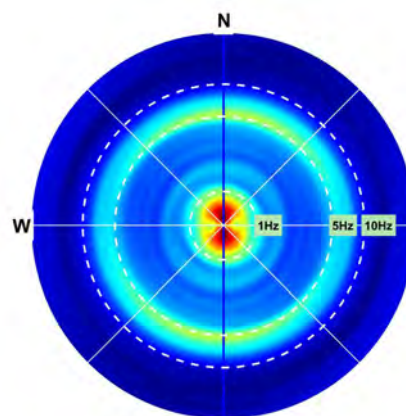
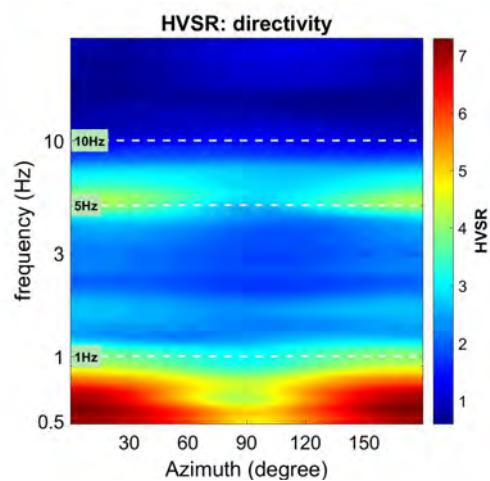


Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio





Directivity of the H/V Spectral Ratio



winMASW - Joint Analysis of Rayleigh & Love-Wave Dispersion

www.winmasw.com

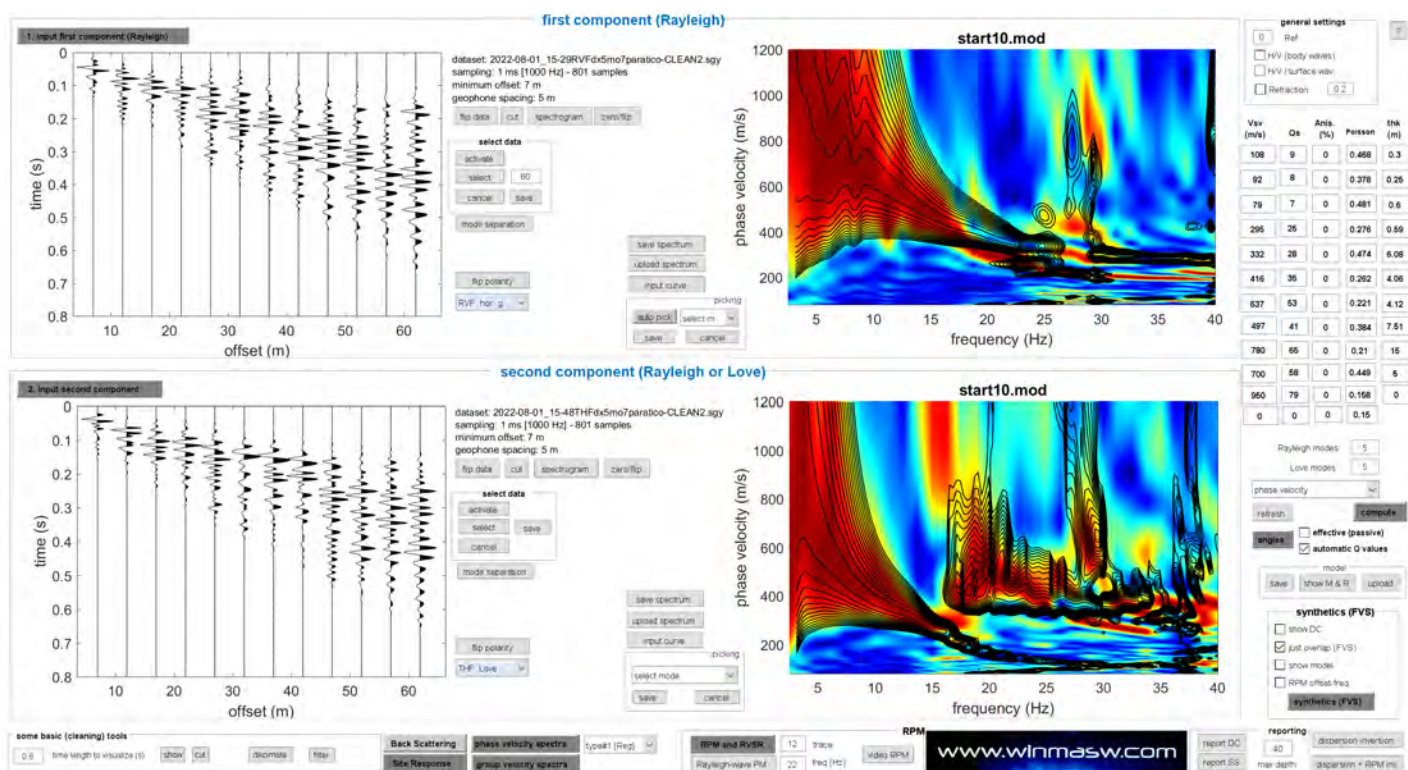
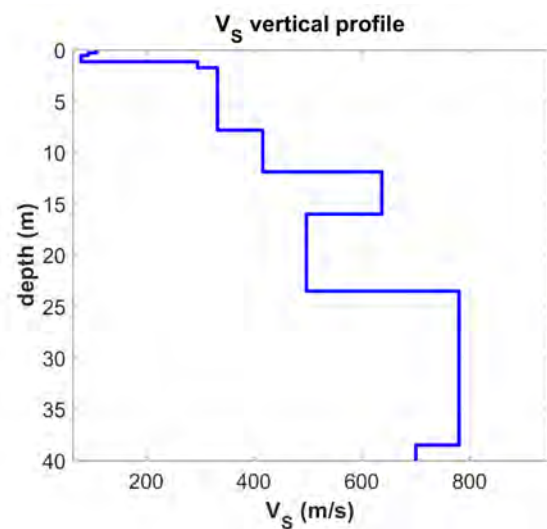
Date: 13 9 2022

Time: 18 8

Rayleigh dataset: 2022-08-01_15-29RVFdx5mo7paratiko-CLEAN2.sgy

Love dataset: 2022-08-01_15-48THFdx5mo7paratiko-CLEAN2.sgy

www.winmasw.com



Retrieved model

V_{sv} (m/s): 108 92 79 295 332 416 637 497 780 700 950

V_{sh} (m/s): 108 92 79 295 332 416 637 497 780 700 950

Thickness (m): 0.3 0.3 0.6 0.6 6.1 4.1 4.1 7.5 15.0 5.0

Model

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	108	0.3000	0.3000
2	92	0.2500	0.5500
3	79	0.6000	1.1500
4	295	0.5900	1.7400
5	332	6.0800	7.8200
6	416	4.0600	11.8800
7	637	4.1200	16
8	497	7.5100	23.5100
9	780	15	38.5100
10	700	5	43.5100
11	950	0	0

Density (gr/cm³): 1.67 1.63 1.59 1.94 1.98 2.04 2.15 2.09 2.21 2.18 2.26

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 20 14 10 169 218 352 874 515 1343 1067 2041

Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Approximate values for V_p and elastic moduli (please, see manual)

V_p (m/s): 442 208 418 530 1507 733 1065 1144 1288 2310 1491

Poisson: 0.47 0.38 0.48 0.28 0.47 0.26 0.22 0.38 0.21 0.45 0.16

V_{s30} and V_{sE} (m/s): 411 411

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle

proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com